

**SESSION 4 : TECHNIQUES CULTURALES ET  
OPTIMISATION DES FACTEURS DE PRODUCTION**

## SOMMAIRE

-Performances agronomiques de variétés d'olive ( <i>Olea europaea</i> . L) à huile en conditions arides et pluviales en Tunisie (Fathi Ben Amar, Wahid Khabou, Lina Trabelsi, Azza Marrakchi, Hajer Hamrouni, Aymen Khabou, Nihel Naifer, Abdelmajid Yengui) .....	1325
- Quantification des capacités symbiotiques racinaires de deux variétés d'orge <i>Hordeum vulgare</i> conduites en zone semi aride des hautes plaines de l'Ouest d'Algérie (Taibi Hadj Youcef H.* , Smail Saadoun N., Abdellaoui K., Belkebir-Boukais A.,Hadj Ali D) .....	1331
- Poids des facteurs climatiques au cours du cycle de développement du blé Dur (Asma Lasram, Hatem Dellag, Mohammed Moncef Masmoudi , Netij Ben Mechlia).....	1341
- Paramétrage du modèle AquaCrop pour la simulation de la culture du blé dur (N. Sghaier, M.M. Masmoudi, N. Ben Mechlia).....	1351
- Evaluation de l'utilisation des eaux géothermiques pour la production des légumes sous abris serre au Nefzaoua (Sud-ouest tunisien) et impératifs de réhabilitation (Haddad Mansour).....	1361
- Gestion intégrée de la fertilité d'un sol salé au sein d'un agro-écosystème oasien: cas de la palmeraie du ksar de Ouargla (Nawel OMEIRI) .....	1371
- Date palm root system development: root system distribution (A. Jrad, M. Ben Salah).....	1381
-Effets de la fertilisation phosphatée sur le rendement et ses composantes d'une culture de blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf. Var. CARIOCA) en milieu saharien (cas d'El-Goléa, Ghardaïa, Algérie) (B. Moussaouali) .....	1391
- Gestion de l'eau dans l'agrosystème: rôle de la jachère dans les régions arides et semi-arides (BENLARIBI M. et ZERAFI C.).....	1399
- Evolution de la structure et des capacités de rétention en eau sous différents modes de gestion du stock organique dans quelques sols de culture en Tunisie semi-aride (Imene Jemai, Nadhira Ben Aissa, Khawla Boudabbous, Sayda Ben Guirat, Moncef Ben Hammouda et Tahar Gallali).....	1403
-Aspects agronomiques et environnementaux de certains amendements de sols dans une perspective de durabilité(Naïma Kolsi Benzina, Ben Hadj Zina, Imen ).....	1413
- Formes d'organisation et techniques culturales en zones semi-arides de l'Est Algérien (Ramdane Benniou, Mohamed Bounaoua).....	1423
-Etude du cycle évolutif du puceron vert du pêcher <i>Myzus persicae</i> Sulzer. sur deux saisons de production- Effet de son hôte (Oumaya Mejri, Mohamed Ghrab et Netij Ben Mechlia).....	1431
-Comparing the interactive effects of NPK fertilization and saline water on two genotypes of barley ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) grown in southern of Tunisia (Abdennaceur Ben khaled, Taoufik Hayek, Elhem Mansour& Ali Ferchichi).....	1439
-Effect of sowing dates on growth and yield of tossa jute ( <i>Corchorus olitorius</i> L.) (Amira Racha Ben yakoub, Ali Ferchichi) .....	1447
- Valorisation des déchets du marché hebdomadaire de Médenine par le processus de lombricompostage (Ayadi Ahlem, Mechlouch Ridha Fethi, Ettabib Sonia et Moussa Mohamed).....	1455
- Modification des paramètres phénologiques de la luzerne <i>Medicago sativa</i> sous stress hydrique (Mabrouka Abid, Elhem Mansour, khouloud Bachar, Ali Ferchichi).....	1461
- Evaluation of some date palm cultivars under Saudi Arabia condition: Chemical characteristics (Soliman.S.S, R. S.Al-Obeed., M.A. Ahmed and M.M. Harhash).....	1467
-Effect of pollination by pollen grain from different males on bunch weight and fruit quality on Kadary date palm cultivar ( <i>Poenix dactylifera</i> L.) (Soliman.S.S, M.A. Ahmed, R. S.Al-Obeed).....	1471
-Le phosphogypse un déchet ou une ressource à gérer ? Essais d'utilisation en sols salés (Béjaoui Imene, Benzina Kolsi Naima).....	1479
- Dynamique de l'azote minéral en région semi-aride sous semis direct et conventionnel : cas de Guern-Halfaya et ElKrib, Nord-ouest de la Tunisie (Khaoula Boudabbous, Nadhira Ben Aissa, Imene Jemai, Moncef Ben Hammouda, Halim Ben Haj Salah).....	1487
- Effet de trois doses d'azote et de la densité de plantation sur quelques paramètres de production de l' <i>Eleusine coracana</i> L. cultivée dans les oasis de Gabès (Khouloud Bachar, Fawzi Ajari, Mansour Haddad, Abdennacer Ben khaled, Elhem Mansour, Mabrouka Abid and Ali Ferchichi).....	1495
- Quelles perspectives pour la technique du semis direct dans la production des céréales (orge) en zones steppiques? (Kheyar Mohand Ouali).....	1503
- Effets de la fertilisation phosphatée sur le rendement et ses composantes d'une culture de blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf. Var. CARIOCA) en milieu saharien (cas d'El-Goléa, Ghardaïa, Algérie) (B. Moussaouali).....	1509
- Environmental and agronomic interest of compost of organic wastes in the safeguarding and the conservation of the ecosystems in the arid regions (Mabrouka Oustan, Md.Tahar Halilat).....	1517

- Etude de l'aspect toxicologique des boues sur la qualité nutritionnelle du blé dur: Approche à l'étude sur la fertilité du sol (Boudjabi S., Kribaa M., Saadoune T., Tamrabet L.).....	1525
- Effet d'un compost oasien sur la culture de la luzerne ( <i>Medicago sativa</i> L.) (Haddad Mansour).....	1533
-Effet d'un compost à base de sous produits de palmier dattier sur le comportement d'une culture de pomme de terre dans les conditions oasiennes (Mansour Haddad).....	1539
- Itinéraire technique et importance de l'oignon ( <i>Allium cepa</i> L.) dans l'oasis de Gabès (Yehmadi Jamila, Al Mohandes Dridi Bouthaina, Jeridi Ridha, Haddad Mansour).....	1549
- Caractérisation des semences des principaux légumes de l'oasis de Gabès et étude de leurs résistances vis-à-vis deux concentrations de NaCl (Ben Abed Safa, Al Mohandes Dridi Bouthaina, Jeridi Ridha, Haddad Mansour).....	1557
- Irrigation déficitaire à l'eau salée : étude du cas de la pomme de terre d'automne irriguée au goutte à goutte de surface et souterrain en milieu aride (Jamil Ben Hamida, Fathia El Mokh, Kamel Nagaz) .....	1567
- La culture de tomates en hors sol et la technique de greffage (Debaya Houda et Haddad Mansour).....	1575
- Suivi des effets des amendements organiques (fumier ovin et fumier camelin) sur les propriétés chimiques de sol dans les régions arides Tunisiennes (Dar Dhaoui et El Fjé – Médenine) (Jendoubi Donia, Houcine Taamallah et Mohamed Moussa).....	1581
- Caractérisation physico-chimique des sols des zones arides en Algérie. Cas de M'Cif (Wilaya de M'Sila). (Tir Chafia).....	1595
-Suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours d'un cycle de compostage des palmes sèches (Zougari-Elwedi Boutheina, Issami Wissal).....	1601
- Etude de la valeur des semis de quelques géotypes d'Amandier comme porte-greffe. (S. Mselmi Taoueb, B. Jraidi, H. Ben Hamda, M. Dridi, M. Ben Slimane Harbi etA. El Gharbi) .....	1609
- Le secteur oléicole dans le Sud Tunisien : entre Préservation des Ressources naturelles et Productivité (Abichou Mounir, Msellem Monji , Ali Bouaicha) .....	1615
-Effets à long terme de la salinité conjuguée aux effets du changement climatique sur une culture du blé dur (Mlaouhi Saida, Boujelben Abdelhamid, Elloumi Mohamed, HchichaMohamed).....	1623
-Contribution à la caractérisation agronomique et morphologique d'un produit de terroir dans la région de Biskra : le henné ( <i>Lawsonia inermis alba</i> ) de Zribet El Oued (l'henna zribya) A. Hraki, K. Benaïssa.....	1629
- The Effect of natural organic manure on the growth and productivity of potato ( <i>solanumtuberosum</i> L varspunta) in a Sahara desert region (Ghemam Amara D., Senoussi M. M.) .....	1635
-Production and characterization of compost of green wastes (Radhouani Afrâa, Lechaiheb Belgacem, Ben Yehya Leila, Ferchichi Ali).....	1641
- Estimation du stock hydrique du sol au semis et influence sur la germination du blé N. Sghaier, H. Abdou, M.M. Masmoudi, N. Ben Mechlia).....	1651
- Importance et comportement de la corète potagère ( <i>Corchorus olitorius</i> L.) vis- à- vis du stress salin dans les conditions oasiennes. (Mansour Haddad).....	1659
- Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines du <i>Chamaerops humilis</i> l. var <i>.argentea</i> André (Arecaceae) (Médjati Nadjat, Hasnaoui Okkacha, Hachemi Nouria, Babali Brahim, Bouazza Mohamed).....	1669
- Effet de la fertilisation avec du Di-Ammonium Phosphate (DAP) sur le comportement de l'orge ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) dans les conditions oasiennes (Haddad Mansour).....	1675
-Effet des rythmes d'irrigation sur la croissance et la production de cinq populations de luzerne pérenne ( <i>Medicago sativa</i> L) dans les conditions oasiennes (Haddad Mansour).....	1685



## Performances agronomiques de variétés d'olive (*Olea europaea*. L) à huile en conditions arides et pluviales en Tunisie

Fathi Ben Amar\*, Wahid Khabou, Lina Trabelsi, Azza Marrakchi, Hajer Hamrouni, Aymen Khabou, Nihel Naifer, Abdelmajid Yengui

Institut de l'olivier, Route de l'aéroport, Km 1.5, BP 1087, 3000 Sfax, Tunisie

\* Auteur de correspondance : fathibenamar@yahoo.fr

### RESUME

Dans le but de valoriser les zones arides, un verger de comportement variétal de l'olivier a été installé depuis l'an 2000 dans la région aride de Boughrara (Sfax) en pluvial et qui comporte les variétés Chemlali Sfax (locale) et Koroneiki (Grèce) à une densité de 34 arbres par hectare (17 m/17 m). Le suivi de ce verger a intéressé les paramètres de la biologie florale en olives pour trois années (2009 à 2011). Des différences significatives entre les deux variétés sont enregistrées pour les taux de floraison, d'avortement ovarien, de nouaison et d'inflorescences de types 3, 4 et 5 étages et l'évolution des stades phénologiques. De même, on a montré l'existence d'une interaction significative variété x année. Seul le nombre de fleurs par inflorescence est similaire pour les deux variétés à chaque année et qui varie de 11 à 22 fleurs. Le taux d'inflorescences type 2 ne varie ni avec la variété ni avec l'année. Toutefois, on a remarqué une variabilité intravariétale assez importante. Ces résultats montrent que ces deux variétés ont en général des potentialités florales importantes et une bonne capacité d'adaptation aux conditions arides et pluviales. L'adaptation est manifestée en manipulant certains caractères selon les conditions de l'année.

**Mots-clés :** Biologie florale, Chemlali Sfax, Koroneiki, Olivier, Performance

### SUMMARY

In order to valorize the arid lands, an olive varietal orchard was installed since 2000 in the arid region of Boughrara (Sfax, Tunisia) in rainfed conditions. It contains the local variety Chemlali Sfax and grec variety Koroneiki at a density of 34 trees/ha (17m/17m). The follow-up of this orchard interested the floral biology for three years (2009 to 2011). Significant differences between the two varieties were unregistered for the flowering rate, the ovary abortion rate, the fruit set rate, the inflorescence types 3, 4 and 5 rates and the evolution of phonological stages. In the other hand, we demonstrated the significance of the variety-year interaction. Only the number of flowers per inflorescence was similar for the two varieties in each year and varied between 11 and 22 flowers. The inflorescence type 2 rate did not vary between varieties and years. We noted a high intra-variety variability. The results proved that the two varieties had a high potential for floral biology and a good adaptation capacity to arid and rainfed conditions. Their adaptation is expressed by manipulating certain characters accordind to year conditions.

### 1. INTRODUCTION

L'olivier (*Olea europaea*. L), de la famille des Oléacées, est l'arbre emblématique de la méditerranée. Elle est considérée comme symbole de paix, de solidarité et de volonté et joue des rôles variés sur les plans économique, social et écologique.

En Tunisie, l'olivier occupe une place importante dans l'économie nationale et contribue avec 45 à 50 % dans les exportations agricoles et 5 % dans les exportations totales (Keireddine, 2005). Elle représente l'une des ressources naturelles les plus importantes de part de sa diversité génétique, sa présence du nord au sud et son rôle déterminant dans l'équilibre des systèmes écologiques.

L'olivier est cultivée en Tunisie principalement en pluvial avec uniquement 3 % en irrigué (Kheireddine, 2005). En effet, notre pays dispose de ressources hydriques mobilisables limitées et la part de l'agriculture de cette ressource est assez importante atteignant le seuil de 80 % (Revue, 2005). C'est pourquoi, la culture de l'olivier est en pluvial avec une densité de 17 arbres par hectare (24 m/24 m) surtout dans les régions du sud caractérisées par un bioclimat aride. Tous ces facteurs ont contribué aux fluctuations de la production tunisienne en huile d'olive de 35.000 tonnes en 2001/2002 à 291.000 tonnes en 1996/1997 (www.ec.europa.eu).

Le patrimoine variétal oléicole de la Tunisie est très riche en variétés d'importances variables et l'olivieraie à huile est dominée par les variétés Chemlali Sfax et Chétoui (Ben Amar et al. 2010). Cette richesse a été amplifiée par des introductions variétales de tout le bassin méditerranéen en particulier la France, l'Espagne et la Grèce d'où provient la variété à huile Koroneiki.

Parmi les variétés les plus demandées ces dernières années par l'agriculteur, on retient Chemlali Sfax et Koroneiki. Ces deux variétés se trouvent plantées depuis 2000 dans une parcelle conduite en pluvial à une densité de 34 arbres à l'hectare dans la région aride de Sfax (Tunisie). Les conditions de cette étude (milieu aride, régime pluvial et densité plus élevée que celle classique) s'alignent avec les priorités nationales dans le secteur oléicole, à savoir l'intensification de la culture de l'olivier, la valorisation des régions arides et la gestion des ressources naturelles (eaux et variétés).

On se propose dans cette étude de suivre les paramètres de la biologie florale des deux variétés dans ces conditions de culture.

## 2. MATERIELS ET METHODES

La parcelle d'olivier objet de l'étude se situe dans la localité aride de Boughrara de la région de Sfax (altitude 113 m, latitude 34° 59' 48,81'' N, longitude 10° 33' 17,5'' E). On y trouve les deux variétés d'olive à huile Chemlali Sfax et Koroneiki plantées à un écartement de 17 m / 17 m en mode pluvial. L'étude des performances agronomiques a été faite sur 5 arbres de chaque variété choisis en février 2009. A chaque année de 2009 à 2011 et à la mi-février, on a repéré 4 pousses âgées d'un an et pour chacune, on compte le nombre de bourgeons. Chaque année, on a suivi pour chaque arbre les variables suivantes:

- Stades phénologiques B, C, D, E, F, F1, G et H (Loussert et Brousse, 1978).
- Taux de floraison TF (%) = (nombre d'inflorescences/nombre de bourgeons)\*100.
- Taux de nouaison TN (%) = (nombre de fleurs noués/nombre total de fleurs)\*100.
- Nombre de fleurs par inflorescence (NF).
- Taux d'avortement ovarien TAV (%) = (nombre de fleurs avortés/nombre total de fleurs)\*100.
- L'architecture de l'inflorescence matérialisée par le comptage du nombre d'étages portant les fleurs (le type 2 ou T2 a deux étages, en %) et on a ainsi les taux des inflorescences de types T2, T3, T4 et T5.

La moyenne des 4 pousses représente la performance de l'arbre pour les taux de floraison et de nouaison et la moyenne des autres variables est calculée pour 20 inflorescences.

Une analyse de la variance à deux facteurs croisés (variété et année) a été faite par le logiciel SPSS version 11.0 pour chaque paramètre. Pour les tableaux, on a présenté la moyenne accompagnée par l'écartype.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Phénologie florale

Le début du cycle floral (stade B) dépend de l'année et de la variété (Tableau 1). Ainsi, la variété Koroneiki était plus précoce que Chemlali Sfax en 2009 et plus tardive en 2010 avec des dates similaires en 2011. En général, le cycle floral était plus précoce en 2010 (15 à 20 février). Le stade nouaison (H) était en général à la même période pour les deux variétés mais qui varie selon l'année. Il était plus précoce en 2010 que les deux autres années.

L'évolution des stades phénologiques au cours du temps est spécifique pour chaque variété et qui varie selon l'année. En effet, on remarque que des stades ont été d'une courte période tels que le stade C (début de formation de l'inflorescence) pour les deux variétés en 2009, le stade D (gonflement des boutons floraux) pour Chemlali Sfax en 2010 et 2011, le stade E (différenciation des corolles) pour les deux variétés en 2010. D'autres stades ne sont pas apparues lors des notations hebdomadaires tels que le stade F (début floraison) pour Chemlali Sfax en 2009 et pour Koroneiki en 2010, le stade E pour Koroneiki en 2011. Toutefois, on peut remarquer qu'à partir du stade G (fin floraison) il y a une similitude entre les deux variétés pour chaque année.

### 3.2. Paramètres quantitatifs

L'interaction année x variété est significative sauf pour le nombre de fleurs par inflorescence et le taux d'inflorescences type 2. Les deux facteurs variété et année sont non significatifs pour taux

d'inflorescences type 2 et le facteur variété est aussi non significatif pour le nombre de fleurs par inflorescence. Les moyennes des différents paramètres sont présentées dans le tableau 2.

Chemlali Sfax détient les performances de floraison la plus faible en 2009 (5 %) et la plus élevée en 2010 (61,5 %). Par contre, Koroneiki a une floraison plus stable entre les années (41 à 54 %).

Le taux d'avortement ovarien est le plus élevé pour la variété Koroneiki en 2011 (16,8 %) et le plus faible pour Chemlali Sfax en 2009 (moins de 1 %). Par contre, le taux de nouaison est le plus faible pour la variété Koroneiki en 2011 (7,34 %) et le plus élevé pour Chemlali Sfax en 2009 (71,32 %).

Le nombre de fleurs par inflorescence est statistiquement similaire entre les deux variétés et varie uniquement entre les années (19 à 23 pour 2009, 11 à 13 pour 2010 et 18 à 20 pour 2011).

Le taux d'inflorescences type 2 est très faible (moins de 3 %) et ne varie ni avec la variété ni avec l'année.

**Tableau 1.** Stades phénologiques de Chemlali Sfax et Koroneiki durant trois années (2009-2011)

Mois		Février			Mars					Avril				Mai		
Période		9-10	16-17	23-24	3-4	10-11	17-18	25-26	30-31	7-8	15-16	23-24	29-30	7-8	13-14	19-20
2009	Chemlali Sfax	A	A	A	A	A	B	B	C	D	D	E	F1	G	H	H
	Koroneiki	A	A	A	B	B	B	C	D	E	E	F	G	G	H	H
2010	Chemlali Sfax	A	B	C	C	C	D	E	F	F1	G	G	H	H	H	H
	Koroneiki	A	A	B	B	B	B	C	E	F1	F1	G	H	H	H	H
2011	Chemlali Sfax	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E	F1	G	G	H
	Koroneiki	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	F1	G	H	H

Le taux d'inflorescences type 3 connaît son maximum en 2010 (60 %) et son minimum en 2009 (2 %) chez la même variété Chemlali Sfax. Ce taux n'excède pas 32 % pour la variété Koroneiki.

Le taux d'inflorescences type 4 est le plus représenté avec un minimum pour Chemlali Sfax en 2010 (39,16 %) et un maximum pour Koroneiki en 2009 (83 %).

Le taux d'inflorescences type 5 était le plus faible (0,83 %) et le plus élevé (31 %) chez la variété Chemlali Sfax respectivement en 2010 et 2009 alors que Koroneiki montre des taux similaires allant de 6 à 11 %.

**Tableau 2.** Statistiques descriptives des variétés Chemlali Sfax et Koroneiki

Paramètre	Variété	2009	2010	2011
Taux de floraison (%)	Chemlali Sfax	5 ± 15,81	61,47 ± 15	53,55 ± 9,22
	Koroneiki	53,5 ± 31	46,18 ± 30	41,7 ± 20,41
Taux d'avortement (%)	Chemlali Sfax	0,95 ± 1,18	10,02 ± 26,6	9,63 ± 4,12
	Koroneiki	2,26 ± 1,24	2,6 ± 1,7	16,8 ± 12,75
Taux de nouaison (%)	Chemlali Sfax	71,32 ± 16,8	24,6 ± 14,29	17,17 ± 7,09
	Koroneiki	38,4 ± 4,6	40,52 ± 5,76	7,34 ± 4,62
Nombre de fleurs par inflorescence	Chemlali Sfax	21,48 ± 4	12,72 ± 3,41	19,61 ± 3,02
	Koroneiki	19 ± 1,45	11,37 ± 2,06	18,2 ± 4

Taux d'inflorescences type 2	Chemlali Sfax	0,00	0,00	1,07 ± 2,13
	Koroneiki	0,00	0,00	2,27 ± 4,1
Taux d'inflorescences type 3	Chemlali Sfax	2 ± 4,47	60 ± 21,43	25,7 ± 20,37
	Koroneiki	9 ± 13,42	28,5 ± 19,3	31,36 ± 28,3
Taux d'inflorescences type 4	Chemlali Sfax	67 ± 41,77	39,16 ± 20,3	62,14 ± 16,4
	Koroneiki	83 ± 14,4	65,5 ± 16,24	55,9 ± 22,45
Taux d'inflorescences type 5	Chemlali Sfax	31 ± 42,78	0,83 ± 1,95	11,07 ± 18,2
	Koroneiki	8 ± 7,58	6 ± 11,5	10,45 ± 13,3

### 3.3. Discussion

Les performances des deux variétés d'olive à huile Chemlali Sfax et Koroneiki montrent qu'elles sont potentiellement assez prometteuses dans les conditions de l'étude puisqu'elles manifestent :

Une forte floraison qui peut atteindre 61 %.

Un faible avortement des fleurs qui n'excède pas 17 %.

Une nouaison importante pouvant atteindre 71 %.

Une inflorescence de types 3, 4 et 5 et faible taux du type 2.

Une inflorescence assez garnie de fleurs avec un maximum de 22.

L'interaction variété x année pour la plupart des paramètres de la biologie florale peut indiquer une stratégie propre à chaque variété vis-à-vis des conditions de l'année. Une faible floraison de Chemlali Sfax en 2009 est accompagnée par un faible avortement des fleurs, une bonne nouaison, une inflorescence riche en fleurs et de type 4. Une bonne floraison de la même variété en 2010 est marquée par une baisse de la nouaison, du nombre de fleurs, une hausse de l'avortement ovarien et des inflorescences de type 3. Pour la variété Koroneiki et même avec des taux de floraison similaires entre les années, son comportement floral est différent. En 2010, l'inflorescence est caractérisée par un faible avortement, un nombre réduit de fleurs et une bonne nouaison. En 2011, l'inflorescence se caractérise par un avortement élevé, une faible nouaison, un nombre de fleurs élevé et l'apparition des types 2.

Ce comportement différentiel des deux variétés semble indiquer une stratégie spécifique de chaque variété qui établit un équilibre interne vis-à-vis du milieu environnant. Ainsi, chaque variété a la capacité d'orienter son potentiel de production en fonction des conditions de l'année en variant le niveau d'expression des différents variables, ce qui confère à ces variétés une souplesse d'adaptation aux conditions arides et pluviales du milieu.

L'écartype est assez élevé en général et parfois très élevé atteignant plus de 100 % (cas du taux d'inflorescences type 3 pour Koroneiki en 2009). Cette variabilité entre les arbres peut s'expliquer par l'alternance de production puisque certains des arbres suivis sont en année « off » et d'autres en année « on » en relation avec la production de l'année précédente. Il existe pour ces deux variétés un aspect d'alternance dans ces conditions. L'alternance a été signalée pour Chemlali Sfax en pluvial par Mehri et Hellali (1995) et Trigui et Msallem (2002) puisque la production de Koroneiki est qualifiée de constante par Barranco et al (2000).

La présente étude a montré que les variétés à huile Chemlali Sfax et Koroneiki ont des potentialités productives assez bonnes en conditions arides et pluviales de la région de Sfax (Tunisie). Elles peuvent être une alternative pour valoriser ce type de conditions et augmenter la densité de plantation en pluvial. Ainsi, on peut espérer augmenter et régulariser la production nationale en huile d'olives pour améliorer la compétitivité de ce secteur à l'échelle mondiale.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barranco D, Címato A, Fiorino P, Rallo L, Touzani A, Castaneda C, Serafini F, Trijillo I. (2000). Catalogue mondial des variétés d'olivier. Ed. Conseil Oléicole International. 360 p illustrées
- Ben Amar F, Msallem M, Khabou W, Guedri F, Laguech I, Yengui A, Belguith H, Ouled Amor A. (2010). Ressources génétiques de la collection de l'olivier à Boughrara (Tunisie). Actes du séminaire international « la gestion et la conservation de la biodiversité continentale dans le bassin méditerranéen » à Tlemcen (Algérie).

- Kheireddine N. (2005). L'oléiculture Tunisienne : Stratégie de développement et perspectives d'avenir. Colloque International. « L'oléiculture : productivité, qualité et accord et partenariat », Sfax. Pages 1-3.
- Loussert M, Brousse G. (1978). L'olivier. GP. Maisonneuve et Larose 464 p.
- Mehri H, Hellali R. 1995. Etude pomologique des principales variétés d'olives cultivées en Tunisie. Document technique, Ed Institut de l'Olivier. 45 p.
- Revue (2005). Revue de l'agriculture. N° 81, Janvier 2005. pp. 14-15. Editions du Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques, Tunisie.
- Trigui A, Msallem M. (2002). Catalogue des variétés Autochtones et types locaux, 159 p. [www.ec.europa.eu/agriculture](http://www.ec.europa.eu/agriculture).



## Quantification des capacités symbiotiques racinaires de deux variétés d'orge *Hordeum vulgare* conduites en zone semi aride des hautes plaines de l'Ouest d'Algérie

Taibi Hadj Youcef H. \*, Smail Saadoun N., Abdellaoui K., Belkebir-Boukais A., Hadj Ali D  
Laboratoire : Ressources Naturelles, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Algérie.

\*Email: htaibi@hotmail.fr

### RESUME

Les variétés d'orge Saida et Rihane sont les plus cultivées en Algérie. La première est locale et possède une grande capacité d'adaptation aux milieux stressés, avec un volume racinaire important et profond, alors que la deuxième est introduite de Syrie, et échappe à la sécheresse en raccourcissant son cycle parce qu'elle est sensible à la sécheresse. En effet, elle présente en conditions de stress hydrique un enracinement peu profond, un nombre de racines principales peu élevé et un volume racinaire développé uniquement au niveau des horizons superficiels. Ce comportement contrasté nous a conduits à voir l'utilité d'étudier les capacités symbiotiques racinaires de ces deux orges cultivées dans une zone céréalière semi aride de l'Ouest de l'Algérie. Cette étude fait suite à celle que nous avons réalisée en plein champ dans la même zone et dont les résultats ont été communiqués au séminaire de Djerba en 2009. Cette dernière a permis l'appréciation de la variabilité de la symbiose mycorhizienne et endophytique en fonction de la profondeur racinaire et de la teneur en calcaire total du sol. La récente étude exposée dans cet article permet de quantifier sur fragments racinaires colorés, écrasés et observés au microscope photonique entre lame et lamelle, des taux de mycorhization (hyphes), de vésicules et d'arbuscules, ainsi que des taux d'endophytisme sur des niveaux de profondeur racinaire différents, à savoir : (0-20), (20-40) et (40-60) cm. Une différence variétale est observée pour les paramètres étudiés, mais elle n'est statistiquement significative que pour le taux de vésicules. L'étude montre également une différence variétale de la cinétique symbiotique en fonction de la profondeur racinaire.

**Mots clés :** caractères d'adaptation à la sécheresse, cinétique symbiotique, symbiose mycorhizienne, symbiose endophytique, , quantification, Rihane03, Saida 183

### SUMMARY

Saida 183 and Rihane03 are two varieties of barley which are the most cultivated in Algeria. The first is local and has a great ability to adapt to stress environment, with a large and deep root volume, while the second is introduced from Syria and escapes drought by shortening the cycle because it is sensitive to drought. Indeed, it has in water stress conditions a shallow rooting, number of main roots and low root volume developed only at the surface horizons. This contrasting behavior has led us to see the value of studying root symbiotic capacity of both barley grown in a semi-arid area of grain western Algeria. This study follows the one we made in the field in the same area and the results were communicated to Djerba seminar in 2009. The latter led to the appreciation of the variability of mycorrhizal symbiosis and endophytic according to root depth and total calcium content of the soil. A recent study reported in this article allows to quantify root fragments of colored, crushed and observed under light microscope between slide and cover slip, rates mycorrhizal (hyphae), vesicles and arbuscules and rates on endophytisme at root depth different levels, namely: (0-20), (20-40) and (40-60) cm. Varietal difference was observed for the parameters studied, but it is statistically significant only for the rate of vesicles. The study also shows a difference in variety of symbiotic kinetics depending on the rooting depth.

**Keywords:** adaptive traits to drought, kinetic symbiotic, mycorrhizal symbiosis, symbiotic endophytic, quantification, Rihane03, Saida183

### 1. INTRODUCTION

L'orge est une espèce très adaptée aux systèmes de cultures pratiqués en zones sèches. Cette adaptation est liée à un cycle de développement plus court et à une meilleure vitesse de croissance en début du cycle (Bouzerzour et al., 1998 ; Abbas et Abdelguerfi, 2008). Ceci est en relation avec la morphologie

et l'architecture racinaire pour lesquelles les géotypes d'orge, en particulier les variétés locales, présentent une grande source de variation (Khaldoun et al., 1990 ; Hadj Youcef et al., 2003).

Dans les zones à contrainte hydrique, le développement de ces espèces et variétés céréalières est lié à leur capacité à produire une biomasse racinaire élevée juste après la germination (Castillo et al., 2012). Selon cet auteur, cette biomasse correspond à une biomasse racinaire mycorhizée très élevée. En effet dans ces zones la symbiose mycorhizienne joue un rôle crucial, à travers les hyphes qui sont des réseaux ramifiés formant l'appareil végétatif des champignons mycorhiziens (CMAV). Ces hyphes explorent le sol à plusieurs centimètres de distance du système racinaire de la plante hôte, ce qui accroît considérablement le volume prospecté par la plante pour améliorer l'absorption hydrique. De plus, du fait de leurs diamètres beaucoup plus fins que celui des poils absorbants des racines, les hyphes exploitent les pores les plus petits du sol, là où les sels minéraux dissous présents subsistent le plus longtemps lors des périodes de sécheresse (Maunoury, 2010). C'est ce qui permet l'absorption du phosphore qui contribuera à la formation de la masse racinaire. L'acquisition du phosphore peut être aussi par voie biologique car les champignons mycorhiziens ont la capacité d'extraire le phosphore organique du sol (Koide et Kabir, 2000).

Le taux d'infection mycorhizienne de l'orge est étroitement lié à la souche fongique (Meddich, 2001). Par ailleurs, cette variation d'infection peut être liée au comportement de l'hôte mycorhizé, des différences variétales importantes sont signalées (Xavier et Germida, 1997). De plus, la présence des mycorhizes est influencée par celle des champignons endophytes racinaires qui peuvent les réduire fortement (Mack and Rudgers, 2007). L'importance des études quantitatives des mycorhizes sur le terrain est signalée par plusieurs auteurs (Kormanik et McGraw, 1982 ; Trouvelot et al., 1986).

Notre étude concerne deux variétés d'orge locales Saida 183 et Rihane 03 provenant de zones d'origine différentes (Algérie et Syrie). Dans ces deux zones, les pluviométries annuelles moyennes sont très voisines (de l'ordre de 400 mm), mais la répartition annuelle est différente, en Syrie, près de 60% des pluies de l'année sont des pluies hivernales et les pluies de printemps sont quasiment inexistantes (Lignon et Auriau, 1957), alors qu'en Algérie, la pluviométrie hivernale ne représente que 30% de la pluviométrie annuelle, les céréales pouvant parfois recevoir des pluies relativement abondantes au printemps (Baldy, 1986). Les pluviométries conjuguées aux variations de températures et aux conditions édaphiques imposent un comportement contrasté aux deux variétés quand à la stratégie d'adaptation à la sécheresse. Les travaux de Khaldoun et al (1990) et ceux de Hadj Youcef et al (2003) rapportent que la variété Saida 183 est tardive et possède une grande capacité d'adaptation à la sécheresse avec un volume racinaire profond et volumineux ; alors que Rihane 03 est une variété précoce qui échappe à la sécheresse en raccourcissant son cycle parce qu'elle présente un indice de sensibilité à la sécheresse assez important. En conditions du stress hydrique, elle présente un enracinement peu profond, un nombre de racines principales peu élevé et un volume racinaire développé uniquement au niveau des horizons superficiel. Mais aucun travail n'a été mené sur l'évaluation des capacités mycorhizogènes de ces variétés. C'est dans cet objectif que nous avons trouvé utile de faire l'étude de leur comportement symbiotique mycorhizien à un stade précoce, dans des conditions naturelles de plein champ dans une zone semi aride de la région Ouest de l'Algérie. Cela nous permet de visualiser selon les conduites culturales les plus communément pratiquées, le comportement symbiotique variétale tout en prenant en considération la quantification des endophytes présents simultanément dans les racines.

## 2. MATERIEL ET METHODES

L'expérimentation a pour objectif de vérifier la présence de symbioses racinaires sur différentes profondeurs du sol, au niveau de deux variétés d'orge conduites en zone semi aride. L'expérimentation a eu lieu en plein champ sur un essai installé en zone semi aride à hiver froid (Le Houérou, 1995), au niveau de la station expérimentale de Ain El Hadjar, de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) au niveau de la wilaya de Saida. La station expérimentale est située à une altitude de 1050 m, à une latitude de 2°20' Ouest et une longitude de 34°30' Nord. L'étude climatique de la région sur vingt neuf ans (Période 1980-2009) montre une période sèche de 05 mois, qui s'étale du mois de mai au mois d'octobre.

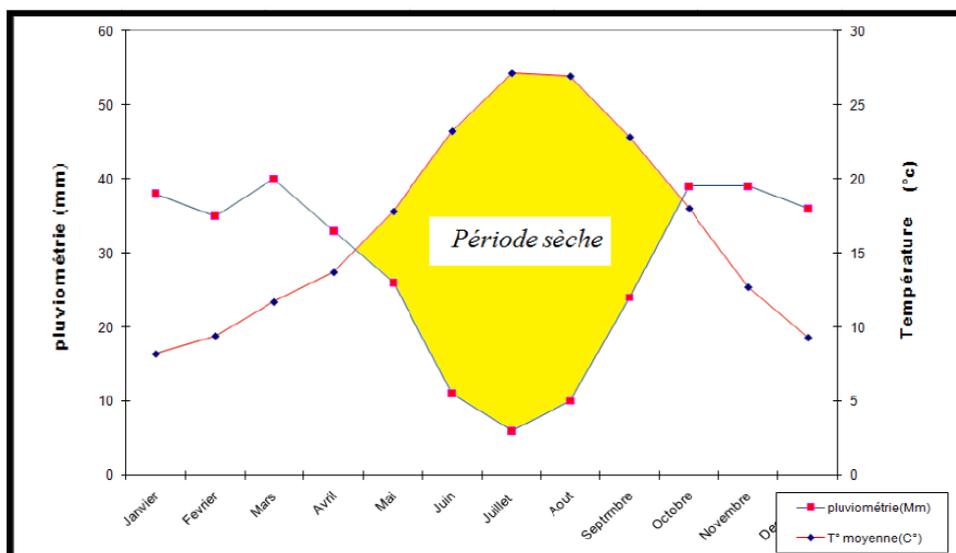


Figure 1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Guassen de Saida (Période 1980-2009)

La parcelle expérimentale présente des sols avec une granulométrie uniforme sur les trois niveaux étudiés, leur texture est argilo-limoneuse. La densité apparente est de 1,21. Les caractéristiques hydriques de ce sol montrent une capacité au champ égale à 2,37 mm/cm, le point de flétrissement se situe à 1,7mm/cm ; d'où une réserve utile estimée à 0,67mm/cm, et la réserve en eau facilement utilisable est de 0,44 mm/cm.

Le matériel végétal concerné par l'étude comprend deux variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) à six rangs : Rihane 03, et Saida 183. La variété Rihane 03, est sélectionnée par la station ITGC de Sidi Bel Abbés, à partir du matériel végétal en provenance de la Syrie (ITGC, 1992). C'est une variété de type alternatif. Elle a été retirée de la grande culture des hauts plateaux de l'Est suite à sa sensibilité au gel tardif (Bouzerzour et al., 1995). La variété Saida 183 est une orge locale épiaison tardive ce qui lui permet d'éviter le gel du printemps (Bouzerzour et al., 1995). Elle est surtout cultivée sur les plaines intérieures, elle est de type alternatif.

L'essai a eu lieu en plein champ sur une parcelle semée à partir d'épis lignes, chaque épi est répété 4 fois. L'essai a été installé le 10 février 2009, sur une jachère travaillée selon un labour profond avec une charrue 3 disques suivi de 3 recroisages. La fertilisation a porté sur une fumure de fond avec 100 kg de TSP et une fumure de couverture avec 50 kg d'Urée.

Le prélèvement des échantillons a eu lieu au stade début tallage (45 jours après semis) à raison de trois répétitions, pour chaque variété, les prélèvements racinaires ont été faits avec une tarière allant jusqu'à une profondeur de 60 cm. Les racines par la suite ont été récupérées soigneusement sur les trois niveaux de profondeur [0-20]; [20-40]; [40-60] cm et elles ont été conservées dans de l'alcool 70°.

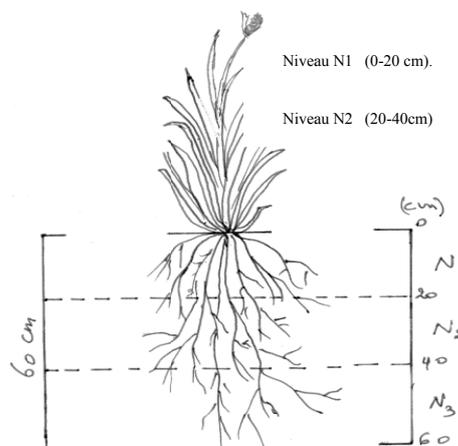


Figure 2. Schéma de prélèvement des échantillons

Les racines sont par la suite colorées au bleu de trypan selon la technique de (Phillips et Hayman, 1970). L'observation au microscope photonique grossissement (10×10 et 10×40) de fragments

racinaires (12 fragments) montés entre lame et lamelle permet d'observer des structures fongiquesmycorrhizogènesau niveau du cortex,ainsi que des structures de champignons endophytiques au niveau cortex et cylindre central.Une évaluation du taux de mycorhization (H%), taux d'arbuscules (Arb%) et de vésicules (Ves%), ainsi que le taux d'endophytismes (endo%) est réalisée par la méthode McGonicle et al. (1990).

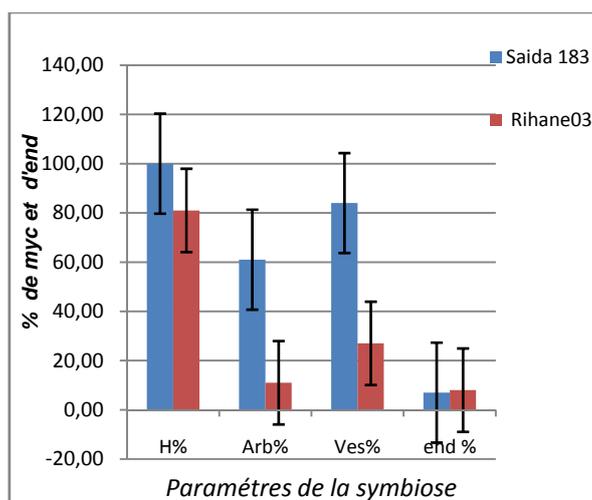
### 3. RESULTATS

Les résultats figurant au niveau du tableau 1 montrent que le taux de mycohization a atteint 90,5%, alors que le taux d'endophytisme n'a atteint que 7,5%. La présence des arbuscules et des vésicules est respectivement de 36% et 55%. Les résultats montrent une différence significative (0,04) entre les deux variétés d'orge étudiées, uniquement pour le taux de vésicules.

**Tableau 1.** Variance des taux (%) de mycorhization et d'endophytisme au niveau des variétés d'orge étudiées

Variétés	Mycorhization			Endophytes
	H%	Arb%	Ves%	end %
Saida N1	100	82	85	11
Saidan N2	100	0	100	0
Saida N3	100	100	66	11
Moyenne	100±0,32	61±0,493	84a±0,17	7,7±0,06
Rihane N1	44	0	0	1
Rihane N2	100	0	25	0
Rihane N3	100	33	55	22
Moyenne	81±0,0	11±0,145	27ab±0,27	7,3±0,12
Moyenne Orge	90,5±0,23	36±0,4	55±0,23	7,5±0,09
Analyse de variance	Test Fvar : 1 Test Fprof 1,417 Prob1 :0,37 Prob 2 :0,29 C.V :25,22%	Test Fvar :2,31 Test Fprof :0,09 Prob 1: 0,20 Prob 2:0,91 C.V.111,36%	Test var:9,3 Test rof:0,56 Prob1: 0,04 Prob 2:0,59 C.V : 41,51	Test Fvar :0,002 Test Fprof :1,02 Prob 1 :0,98 Prob 2 :0,4 C.V 131,54%
Effet variété	NS	NS	S	NS

La figure 3 montre l'évolution des paramètres de symbioses racinaires d'ordre mycorhizien (H, Arb, Ves) ou endophytique (End) chez les deux variétés d'orge étudiées (Saida 183, Rihane 03). Cette figure montre que la variété Saida 183 présente des valeurs supérieures à celles de Rihane 03 pour tous les paramètres observés. Le taux de mycorhization H varie entre 80% et 100%, le taux pour la variété d'orge Rihane 03 est plus faible parce qu'elle a présenté un H1 faible (44%) au niveau de profondeur N1 (0-20cm) (Figure 4a).

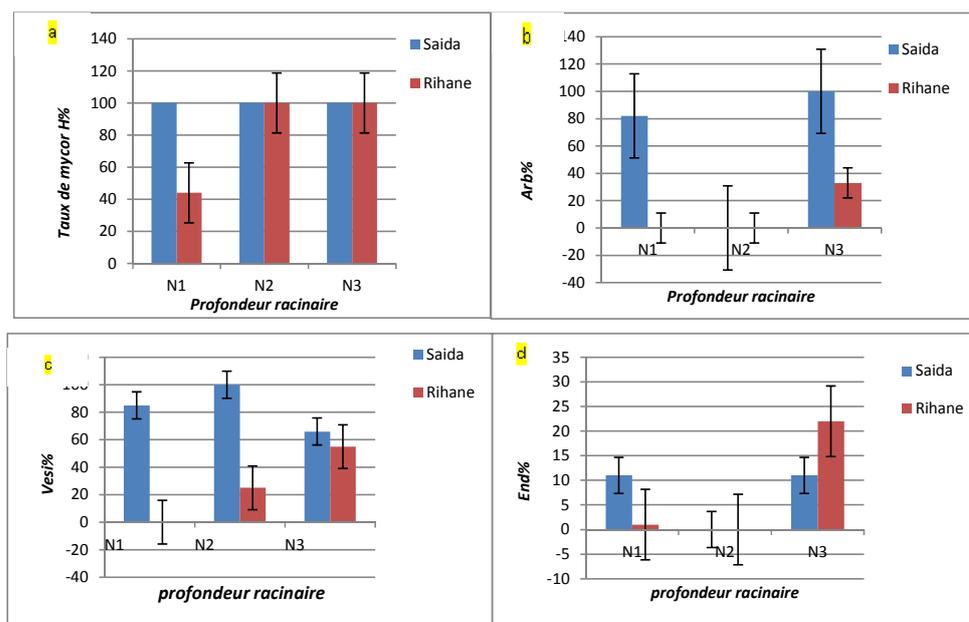


**Figure 3.** Variation du taux mycorhization (H), d'arbuscules (Arb), de vésicules (Ves) et d'endophytisme (End) chez les variétés d'orge (Saida 183, Rihane 03)

Le taux d'arbuscules varie entre 11% et 61%. La répartition des arbuscules dans les différents niveaux du sol est aléatoire, les arbuscules existent superficiellement N1 (0-20 cm) pour la variété Saida 183,

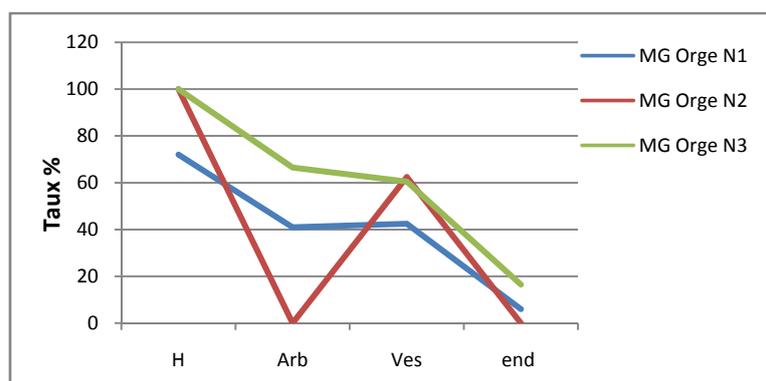
et profondément N3 (40-60 cm) pour les deux variétés avec toujours une dominance pour Saida 183. Au niveau N2 (20-40 cm), il n'y a pas d'arbuscules (Figure 4b).

Le taux de vésicules varie entre 27% et 84%. La variété Saida 183 présente des vésicules sur toute la profondeur racinaire exploitée (60 cm) alors que Rihane 03 présente des vésicules en profondeur N2 (20-40 cm) et surtout N3 (40-60 cm)(Figure 4). Le taux d'endophytisme est faible pour les deux variétés (7,5%). La variété Saida 183 montre une présence uniforme d'endophytes dans ses racines sur la profondeur racinaire N1 (0-20 cm) et N3 (40-60 cm), alors que la variété Rihane 03 présente des endophytes au niveau des racines prélevées à une profondeur N3 (40-60 cm)(Figure 4d).



**Figure 4.** Evolution variétale des paramètres de mycorhization et d'endophytisme par niveau de profondeur racinaire

La figure 5 montre une cinétique des différents paramètres de la symbiose racinaire, mycorhizienne et endophytique calculée sur la moyenne des variétés étudiées, celle ci montre que l'activité symbiotique de l'orge réside en profondeur surtout au niveau N3 (40-60 cm).



**Figure 5.** Cinétique moyenne de l'activité symbiotique de l'orge sur les différentes profondeurs racinaires.

Une cinétique détaillée par variété est indispensable pour comprendre le comportement de chacune d'elles. La figure 6 montre que les deux variétés étudiées ont une cinétique d'infection racinaire différente. Rihane 03 a une activité en profondeur, puisque les paramètres de la symbiose mycorhizienne et endophytique se trouvent entre 40 et 60cm, c'est-à-dire N3, en plus son activité est plus faible par rapport à celle de Saida 183. Cette dernière montre une activité mycorhizienne intense

puisque les taux de mycorhization, d'arbuscules et de vésicules atteignent 100%, mais son activité endophytique est faible, de même nous remarquons que cette activité est répartie sur toute la profondeur du sol.

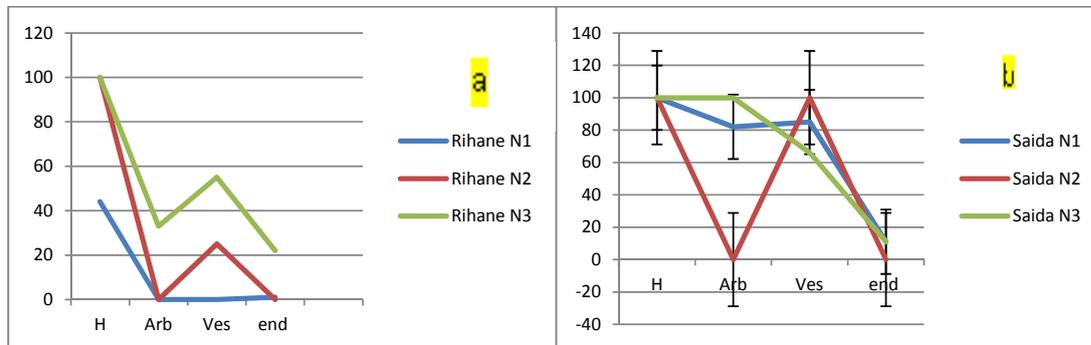


Figure 6. Cinétique moyenne de l'activité symbiotique des variétés Rihane03 (a) et Saida 183 (b) sur les différentes profondeurs racinaires

#### 4. DISCUSSION

Le facteur de dépendance mycorhizienne varie selon l'environnement, le champignon et la plante (Plenchettes et al., 1983). La région d'étude fait partie des régions semi arides à hiver froid qui reçoit en moyenne une pluviométrie annuelle de l'ordre de 348 mm (Labani, 2005), présentant des taux de calcaire variant entre moyens (5 à 25%) et forts (25 à 50 %) (Hadj Youcef et al., 2009) ; c'est ce qui justifie la présence de taux de mycorhization élevés (Nouaim et al., 1994). A ce stade précoce (Tallage) les mycorhizes permettent d'optimiser l'acquisition du phosphore pour les racines dans des sols pauvres ou calcaires (Castillo et al., 2012), en plus quand les mycorhizes s'installent avant les endophytes, ils ont la possibilité de protéger la plante contre les champignons endophytes pathogènes et même contre les nématodes (Castillo et al., 2012). Les deux variétés étudiées présentent également une mycorhization moyenne à intense en fin de cycle dans la même zone d'étude quelque soit le taux de calcaire trouvé, (Hadj Youcef et al., 2009) ; en fait, l'aptitude calcicole des variétés étudiées est renforcée par l'endomycorhization (Strullu, 1991).

Il ne faut pas omettre de dire que malgré le faible taux d'endophytisme, la plupart des lames observées ont présenté des espèces endophytiques tels les DSE et autres (Figures 7 et 8).

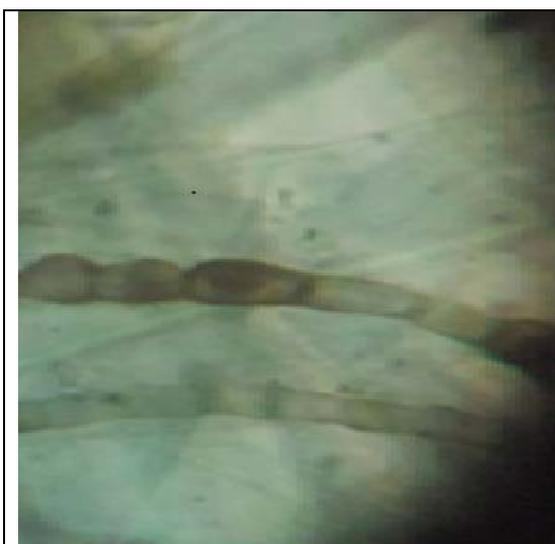


Figure 7. Observation microscopique de DES sur la variété Saida 183. N1(0-20)[X400]

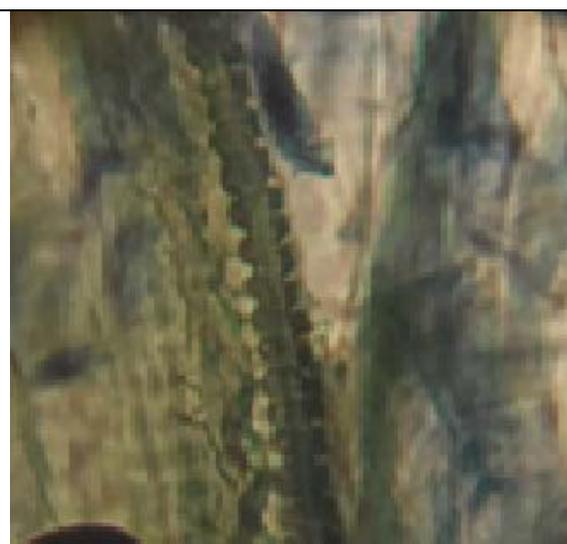


Figure 8. Observation microscopique de neotyphodium la variété Saida 183 N1.N2.N3. (0-60)cm [X400]

Les résultats de cette étude nous renseignent à travers les différents taux trouvés, sur l'intensité et la dynamique symbiotique, l'orge paraît ainsi avoir une activité symbiotique allant en profondeur jusqu'à 60 cm. Ceci est en relation avec la longueur de son système racinaire, en effet Hadj Youcef Taïbi et al. (2003) trouvent qu'en conditions de stress hydrique contrôlées les variétés Saida03 et Rihane183 atteignent respectivement une longueur racinaire de 94cm et 68cm, c'est ce qui explique la différence du taux de mycorhization, c'est que Saida présente une grande quantité de racines dans le niveau N3. Cette variété présente des arbuscules et des vésicules sur tout le profil racinaire, alors que Rihane présente une activité presque nulle au niveau N1(0-20cm), celle-ci commence à se manifester au niveau N2(20-40cm) et s'accroît au niveau N3(40-60 cm). Rihane est connue pour avoir un volume racinaire superficiel(Hadj-Youcef Taïbi et al., 2003). Douds (2004) a montré que les mycorhizes descendent aussi profondément dans le sol que les racines, à condition qu'il n'y ait pas de facteurs qui inhibent la stimulation des propagules infectieuses des champignons mycorhiziens, comme par exemple les pratiques culturales réalisées au niveau de la parcelle expérimentale qui peuvent avoir un impact négatif sur les communautés de champignons MVA (Gosling et al., 2006). Telle que la jachère travaillée qui a précédé l'installation de l'essai et qui a un impact négatif sur le nombre de propagules viables contenus dans le sol, ou le labour pratiqué pour ces nombreux avantages (répression des adventices, nivellement du sol, incorporation des engrais, réchauffement plus rapide du sol) et qui cause en même temps la destruction perpétuelle du réseau d'hyphes, et l'enfouissement des propagules en profondeur (Oehl et al., 2005), ce qui peut ralentir la colonisation des plantes et l'exploration du sol par les champignons MVA(Kabîr, 2005). Selon Jasper et al. (1991), le travail du sol se traduit généralement par une perte globale de la diversité des champignons MVA, du moins dans l'horizon labouré ou un changement dans la structure des communautés des champignons mycorhiziens à vésicules et à arbuscules (Jansa et al.,2003) par élimination, de certaines familles clés comme les Acaulosporaceae et les Gigasporaceae, qui sont souvent plus abondantes dans les communautés non perturbées (Daniell et al., 2001) et en favorisant le genre *Glomus* qui est dominant dans la plupart des écosystèmes perturbés (Voets etDeclerck, 2006). Toutes ces hypothèses peuvent être à l'origine de la faible mycorhization de la variété Rihane03 comparativement à la variété Saida 183 qui n'apparaît pas être affectée par ces conditions, à cause de sa prédisposition génétique à se lier avec les espèces mycorhiziennes disponibles dans le sol, car l'installation des mycorhizes et l'établissement de la colonisation des racines des céréales dépendent de la sensibilité de l'espèce et de la variété à être infectées par les champignons MA (Boyetchko et Tewari, 1995). Saida est une variété xérophYTE qui à travers ses différents mécanismes d'adaptation (Fernandez, 1992) arrive à se prémunir contre un manque d'eau. Le diagramme ombrothermique montre une période sèche qui se produit habituellement au stade remplissage du grain, mais cette variété utilise la symbiose mycorhizienne comme arme de départ au stade tallage pour affronter d'éventuelles contraintes hydriques avant même qu'elles ne s'installent. Le nombre élevé de vésicules et d'arbuscules présents au niveau des fragments racinaires de cette variété à tous les niveaux de profondeurs montre sa capacité à interagir précocement avec les différentes espèces de l'inoculum fongique du sol de la parcelle, pour tirer profit au moment où le besoin s'imposera. La variété Rihane03 échappe à la sécheresse en raccourcissant son cycle parce qu'elle présente un indice de sensibilité à la sécheresse élevé (Hadj Youcef Taïbi et al., 2003). Elle n'a donc pas cette stratégie de se prémunir contre le stress hydrique, en plus elle ne se lie pas avec toutes les espèces fongiques MAV disponibles dans le sol surtout au niveau N1 (0-20 cm) et N2 (20-40 cm). La présence d'arbuscules au niveau N3 (40-60 cm) justifie l'interaction de Rihane 03 avec les espèces présentes à ce niveau qui peuvent correspondre à des propagules fongiques (filaments, spores) enfouies en profondeur par le labour (Oehl et al., 2005).

Les résultats de cette étude montrent la présence d'un nombre plus élevé de vésicules que d'arbuscules au niveau de l'espèce étudiée, ceci est vérifié au niveau des deux variétés, les vésicules sont même présentes à des niveaux de profondeurs racinaires où il n'y a pas d'arbuscules. Ceci peut être expliqué par le fait que les arbuscules sont des structures éphémères (quelques semaines), elles sont donc souvent absentes des racines collectées du champ, on les retrouve surtout dans les jeunes racines en pleine croissance (Brundrett,1996).

Les vésicules sont des structures formées à l'extrémité ou au milieu des hyphes du cortex racinaire, elles peuvent être inter ou intra cellulaires (Brundrett, 1996). Elles contiennent des réserves lipidiques accumulées à la suite des échanges effectués à travers les arbuscules qui dégèrent et leur transfèrent

les assimilats carbonés issus des plantes hôtes, ces assimilats sont importants à des périodes où la plante ne les utilise pas, comme par exemple en début de cycle, si l'observation sera faite au stade remplissage du grain, les résultats seraient peut être différents.

## 5. CONCLUSION

Cette étude a été menée dans un but de quantifier la symbiose racinaire de deux variétés d'orge ayant des origines et des comportements adaptatifs différents. Au stade précoce, c'est-à-dire après un mois et demi de l'installation de l'essai, les résultats de cette expérimentation montrent un taux de mycorhization élevé pour les deux variétés; dans le sol de la parcelle expérimentale de la station de Saida. Ce taux ainsi que la cinétique de l'activité symbiotique réalisée à travers la profondeur racinaire présente une différence variétale qui est en relation avec le comportement adaptatif de chaque variété, et avec l'itinéraire technique suivi, ce qui pousse à revoir la conception de ce dernier.

La méthode de quantification de McGoniglenous a permis de connaître le niveau et la dynamique des interactions de la plante hôte avec ses partenaires fongiques, endophytiques et mycorhiziens.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbas K, Abdelguerfi A. (2008). Evaluation of a regenerated natural meadow in a semi-arid area of Algeria: Option méditerranéennes A, 79, 179-185.
- Baldy C. (1986). Comportement des blés dans les climats méditerranéens: Ecol Mediterr, t XII, fasc 3-4, 73-88
- Bouzerzour H, Benmohamed A. (1995). Analyse graphique d'un croisement diallele sur l'orge (*Hordeum vulgare* L.) : Rev. Céréaliculture n°28, p 41-53.
- Bouzerzour H, Djekoun A, Benmahamed A, Hassous KL, (1998). Contribution de la biomasse aérienne, de l'indice de récolte et de la précocité à l'épiaison au rendement grain de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone d'altitude : Cahier de l'Agriculture, 8, 133-137.
- Boyetchko S.M, Tewari J.P. (1995). Susceptibility of barley cultivars to vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi: Can. J. Plant Sci. 75, 269-275.
- Brundrett M, Bougher N, Dell B., Grove T, Malajczuk N. (1996). Working with Mycorrhizas in : Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph 32. 374 + x p.
- Castillo C.G, Puccio F, Morales D., Borie, F., Sieverding, E. (2012) : Early arbuscular mycorrhiza colonization of wheat, barley and oats in Andosols of southern Chile : Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12(3), 511-524
- Daniell T.J, Husband R, Fitter A.H, Young J.P.W. (2001). Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonising arable crops: FEMS Microbiology Ecology, 36, 203-209.
- Douds. (2004). Utilités des mycorhizes. Centre de recherche régionale de l'Este (USDA-AES). 5p.
- Fernandez G.C.J. (1992). Effective selection criteria for assessing stress tolerance: In Kuo, C.G. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Publication, Tainan, Taiwan, 115-121.
- Gosling P, Hodge A, Goodlass G, Bending G.D. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming: Agriculture, Ecosystems and Environment 113, p, 17-35.
- Hadj youcef Taibi H, Khaldoun A, Mekliche A. (2003). Étude comparative d'adaptation à la sécheresse entre des variétés de blé dur et d'orge à travers une étude morphologique d'enracinement en pots et en gaine. Revue Céréaliculture de l'ITGC N°39, 2ème Semestre 2003, ISSN 1011-9582
- Hadj youcef Taibi H. (2009). Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés d'Orge (*Hordeum vulgare* L.) et de Blé dur (*Triticum durum* Desf.) en évaluant leur capacité mycorrhizogène sur des sols de la région humide du nord et de la région semi aride de la plaine intérieure de l'Algérie. Communication in meeting de Djerba Tunisie, Décembre 2009 sur la Gestion et la valorisation des ressources et applications biotechnologique dans les agrosystèmes arides et sahariens.
- Jansa J, Mozafar A, Kuhn G, Anken T, Ruh R, Sanders I, Frossard E. (2003). Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots: *Ecology Application*. 13, 1164-1176.

- Jasper D.A, Abbott L.K, Robson A.D. (1991) : The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil from different vegetation types. *New Phytologist* p: 471-476.
- Kabir, Z. (2005). Tillage or no-tillage; impact on mycorrhizae: *Canadian Journal of Plant Science*. 85p, 23-29.
- Khalidoun A, Chéry J, Monneveux. (1990). Étude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L) : *Agronomie* 10, 369-379.
- Koide RT, Kabir Z. (2000). Extraradical hyphae of the mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* can hydrolyze organic phosphate: *New phytol*, 148,511-517.
- Kormanik P.P, McGraw A.C. (1982). Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plants roots. in: *Methods and principles of mycorrhizal research*, Schenck, N.C. (éd.), American Phytopathological Society, Minnesota, pp.37-45.
- Le Houérou H.N. (1995) . Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique : Diversité biologique, développement durable et désertification : Option méditerranéenne, SérieB,10 ,396p.
- Lignon R, Auriou P. (1957). Étude préliminaire sur les populations des blés cultivés dans le proche-Orient : *Ann Am des Plantes* 1, sér B, 19-45
- Luttge U, Kluge M, Bauer G. (1992). *Botanique : traité fondamental*. Edition Lavoisier, Paris, 574 p.
- Mack.K M.L, Rudgers J.A. 200. Balancing multiple mutualists asymmetric interactions among plants, arbuscular mycorrhizal fungi, and fungal endophytes: *Oikos*.0030,1299.15973.
- Maunoury A. (2010). L'impact négatif des pesticides sur la nutrition des plantes
- L'exemple de la bouillie bordelaise.7p. Colloque nourrir les hommes hier et demain, apport de la chimie.
- McGonigle T.P, Miller M.H, Evans, D.G, Fairchild G.L, Swan J.A. (1990). A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesiculararbuscular fungi: *New phytologist*:115,1569-1574.
- Nouaim R. Chaussaud R. (1994). Rôle des mycorhizes dans l'alimentation hydrique et minérale des plantes, notamment des ligneux de zones arides. INRA Dijon, option méditerranéenne, 20p.
- Oehl F, Sieverding E, Ineichen K, Ris E.A, Boller T, Wiemken A. (2005).Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. *New Phytologist*. pp, 273-283.
- Peter H R, Ray FE, Eichhorn S. (2000). *Biologie végétale*. Edition Boeck Université, Paris, 944 p.
- Phillips J.M, Haymann D.S. (1970). Improved proceeding for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans.Br.Mycol.Soc*, 55(1), 158-161.
- Plenchette C, Fortin A, Furlan V. (1983). Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility: *Plant and Soil*, P, 199-209.
- Strullu D.G. (1991). *Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées*. Techniques et documentation, Lavoisier, Paris. 250 P.
- Trouvelot A, Kough J.L, Gianinazzi-Pearson V. (1986). Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherches et méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In : *Aspects physiologiques et génétiques des mycorhizes*, Dijon, 1985, INRA (éd.), pp. 217-221.
- Voets L I.E, Declerck S. (2006). Glomeraceae and Gigasporacea differ in their ability to form hyphal networks. *New Phytologist*. p:185-188.



## Poids des facteurs climatiques au cours du cycle de développement du blé Dur

Asma Lasram<sup>1</sup>, Hatem Dellagi<sup>2</sup>, Mohammed Moncef Masmoudi<sup>3</sup>, Netij Ben Mechlia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ISA Chott Mariem, BP 47, 4042, Sousse, email : [asmalasram@planet.tn](mailto:asmalasram@planet.tn)

<sup>2</sup>FSEGT, B.P 248 El Manar II 2092, Tunis, Tunisie.

<sup>3</sup>INAT, 42 avenue Charles Nicolle 1082, Tunis, Tunisie

### RESUME

L'objectif de ce travail est de déterminer les poids de la température en relation avec la radiation et la photopériode durant les différentes phases phénologiques sur le rendement du blé dur (*Triticum turgidum* L. Var. Durum., cultivar Karim) cultivé sous conditions hydriques et nutritives non limitantes. Des données relatives à des semis précoces, standards et tardifs dans deux zones agro-climatiques en Tunisie ont été utilisées pour analyser l'effet des régimes thermiques et radiatifs sur les composantes du rendement. La modélisation de relations structurelles sur variables latentes PLS (Partial Least Squares Path Modeling) est utilisée comme support d'analyse et de modélisation. La technique a permis de classer les poids des phases phénologiques sur le rendement et les poids des facteurs climatiques dans chaque phénophase. Les valeurs des variances moyennes expliquées (>0.5), des indices de concordances (>0.7) et du coefficient de détermination (=0.84) témoignent de l'adéquation de l'outil. Les résultats montrent que le rendement est principalement affecté par la température minimale durant la phase début-tallage-montaison et la température maximale durant la phase épiaison-maturité durant laquelle le rayonnement solaire consolide en plus l'effet négatif du stress thermique. La photopériode semble affectée le développement phénologique du blé spécialement pendant la montaison.

**Mots clés :** blé dur, phénologie, régression PLS

### SUMMARY

The objective of this work is determining the weight of temperature with radiation and photoperiod relation during the phenophases of durum wheat yield (*Triticum turgidum* L. Var. Durum., cultivar Karim) under no limiting water and nutrient conditions. Data related to standard, early and late sowing dates across different agro-ecological tunisian zones are used to analyse both thermal and radiation regimes effects on wheat yield components. Partial least square path modeling (PLS) is used for both analysis and modelling supports. Using this statistical technique the phenophases and their climatic factors weight effects on the wheat yield are ordered. The values of the average variance explained (>0.5), the composite reliability (>0.7) and determinant coefficient (=0.84) testify the adequacy of this statistical tool. The results show that the durum yield is mainly affected by minimal temperature during tillering-jointing phenophase and maximum temperature during heading-maturity stage. During the last phenophase solar radiation consolidates the negative effect of heat stress. Phenological wheat development seems to be affected by photoperiod especially during jointing event.

**Keywords:** durum wheat, phenology, PLS path modelling

### 1. INTRODUCTION

Le rendement de la culture du blé est régi par plusieurs facteurs tels que la variété, le type du sol, la fertilisation... Toutefois, le climat reste le plus important facteur qui influence sa variabilité spatio-temporelle. Plusieurs travaux se sont engagés dans l'analyse et la compréhension de l'effet des facteurs climatiques sur la croissance et le développement du blé pour établir les options de gestion les plus convenables soutenant la productivité, d'autant plus si la plante serait soumise à des conditions très probables de changement climatiques.

Le rendement du blé est principalement déterminé par le produit de ces composantes : le nombre de talles fertiles, le nombre des grains par épis et le poids des grains. D'après Friend (1966) le taux d'apparition des talles est maximal à 25°C avec un rayonnement solaire élevé. Cependant, d'après Rawson (1971) le nombre final des talles est plus important quand les températures sont basses. Dans ces conditions, le ralentissement du taux d'apparition est largement compensé par l'allongement de la durée de la période de tallage. Rawson (1971) trouve aussi que la densité maximale des talles est fortement corrélée au niveau du rayonnement solaire cumulé jusqu'au début de la montaison qui

marque l'arrêt du processus de tallage. Le nombre de grains par épis est dépendant des conditions climatiques à la fois pendant l'initiation florale et la fécondation. Durant les deux périodes les températures élevées diminuent le nombre de grains par épis. 20°C est proposée comme la température optimale pendant la phase d'initiation florale (Kirby, 1985 ; Slafer et Rawson, 1995) alors que des températures généralement supérieures à 30°C peuvent causer la stérilité des fleurs (Midmore et al., 1984). Plusieurs auteurs (Fisher, 1985; Rawson, 1993) trouvent aussi que le nombre d'épillets par épis est d'autant plus grand que le rayonnement solaire est plus intense pendant la période de formation et de croissance des primordia floraux alors que d'autres auteurs (Wall et Cartwright, 1974 ; Rahman et Wilson, 1977 ; González et al., 2002) affirment que le nombre des épillets est réduit par de longues photopériodes pendant la phase d'initiation florale. La température a aussi un effet très significatif sur le poids des grains. Quand les températures sont élevées, la sénescence de la plante est accélérée, la période de remplissage des grains est plus courte et le poids final des grains est alors réduit (Lasram et al. 2010). Des températures entre 20°C et 25°C sont généralement optimales pendant cette période (Jenner, 1991 ; Russell et Wilson, 1994 ; Slafer et Rawson, 1995). Une faible intensité lumineuse pendant la formation des grains réduit aussi le nombre de cellules de l'endosperme et par conséquent le poids final des grains (Wardlaw, 1970).

En résumé, la température est le facteur le plus déterminant dans la plupart des processus biologiques de production. Néanmoins, l'effet de la température est concomitant avec l'effet du rayonnement et de la photopériode ce qui donne des poids différents aux températures nocturnes et diurnes. Ceci explique la diversité des réponses de la plante à la température relevées dans la littérature scientifique. Plusieurs ouvrages ont fait la description et la synthèse de ces effets interactifs (Evans et al., 1975 ; Satorre et Slafer, 2000). Toutefois, la forte corrélation entre ces facteurs rend difficile la discrimination entre leur poids respectifs. En effet les températures sont souvent élevées quand le rayonnement solaire est aussi important. Les composantes du rendement sont aussi déterminées tout le long du cycle de croissance caractérisé par la succession de plusieurs phases phénologiques avec des spécificités climatiques différentes. Les analyses statistiques classiques (les coefficients de corrélation, analyse en composante principale, régression multiple...) ne sont pas bien adaptées pour la détermination des poids climatologiques des phénophases sur le rendement à cause des problèmes de colinéarité, spécialement, si le nombre d'observations est assez réduit par rapport au nombre de variables explicatives. La modélisation de relations structurelles sur variables latentes par la méthode PLS (Partial Least Squares Path Modeling) permet de contourner ces difficultés statistiques. Les techniques PLS ont été utilisées dans plusieurs études pour analyser le rendement du blé en fonction des interactions environnement-génotype (Vargas et al., 2001 ; Garcia del Moral et al., 2003 ; Reynold et al., 2004 ; Rane et al., 2007). Toutefois, ces travaux reflètent des résultats liés plutôt à la variabilité des génotypes et non la réponse d'un génotype à la variabilité climatique. Ce travail a pour objectif la détermination et l'analyse des poids des facteurs climatiques des principaux phénophases sur les composantes du rendement de blé dur (variété Karim) par la modélisation de relation structurelle PLS sous des conditions hydriques et nutritives non limitantes.

## **2. MATERIEL ET METHODES**

### **2.1. Données expérimentales**

28 essais de blé dur (variété Karim) relatifs à des semis précoces, standards et tardifs ont été conduits pendant deux années dans deux sites expérimentaux : Tunis (36.8°N,10.17°E), Kef (36.18°N, 8.7°E). Le système d'expérimentation est en split-plot et les parcelles élémentaires ont 2m<sup>2</sup> de surface. Tous les essais sont bien fertilisés et conduits sous régime irrigué. Les irrigations ont lieu très souvent de façons à ce que les plantes ne soient pas sujettes au stress hydrique. Le cumul des précipitations et des irrigations dépasse les 500mm dans toutes les expérimentations. La variabilité des années et des dates de semis dont certaines sont non conventionnelles ont permis d'exploiter les résultats issus d'un éventail climatique assez large notamment au niveau du régime thermique et radiatif. Cet éventail est encore élargi par la différence entre les amplitudes thermiques des deux sites qui sont de l'ordre de 10°C et 20°C pour respectivement la station de Tunis qui est côtière et La station du Kef qui est continentale. Les détails agronomiques des expérimentations sont résumés dans le Tableau 1.

**Tableau 1.** Détails agronomiques des expérimentations

Site	dates de semis	densité de semis graines/m <sup>2</sup>	type du sol	Fertilisation (kg de P+N)
Kef	8 dates de 12/12/90 au 17/07/91	300	L-A	45+66
Tunis	12 dates de 05/08/86 au 13/07/87	300	L-A	45+66

L-A :Limoneux-argileux.

Dans chaque station la température maximale (Tx), la température minimale (Tn) et la durée d'insolation (I) ont été mesurés journalièrement. Le rayonnement solaire (RS) est calculé à partir de la durée d'insolation effective (I) par la formule d'Angströme :

$$RS=(0.25+0.5*I/I_0)RS_0 \quad (1)$$

Où RS<sub>0</sub> et I<sub>0</sub> sont respectivement le rayonnement solaire extraterrestre et la durée maximale d'insolation.

**Tableau 2 :** Intervalles de variation des valeurs moyennes des températures maximales (Tx) et minimale (Tn), du rayonnement solaire (RS) et des durées de jour (Dj) relatives aux cinq phases phénologiques numérotées successivement ainsi que les durées totales du cycle cultural (D) pour les deux sites expérimentaux.

	Kef	Tunis
<b>Tx1</b> (°C)	[14,43]	[14,35]
<b>Tx2</b> (°C)	[16,42]	[14,38]
<b>Tx3</b> (°C)	[18,41]	[15,34]
<b>Tx4</b> (°C)	[23,43]	[15,37]
<b>Tx5</b> (°C)	[30,41]	[15,35]
<b>Tn1</b> (°C)	[0,5,6]	[6,22]
<b>Tn2</b> (°C)	[0,5,16]	[6,23]
<b>Tn3</b> (°C)	[3,14]	[7,22]
<b>Tn4</b> (°C)	[3,14]	[8,23]
<b>Tn5</b> (°C)	[6,14]	[8,22]
<b>RS1</b> (mm/j)	[3,14]	[2,7]
<b>RS2</b> (mm/j)	[4,12]	[3,7]
<b>RS3</b> (mm/j)	[5,11]	[3,7]
<b>RS4</b> (mm/j)	[7,12]	[3,8]
<b>RS5</b> (mm/j)	[6,11]	[3,7]
<b>Dj1</b> (h/j)	[9,6,14,9]	[9,6,14,7]
<b>Dj2</b> (h/j)	[9,9,14,7]	[9,6,14,7]
<b>Dj3</b> (h/j)	[11,3,14,6]	[9,8,14,7]
<b>Dj4</b> (h/j)	[12,8,14,6]	[9,7,14,7]
<b>Dj5</b> (h/j)	[11,5,14,6]	[10,1,14,6]
<b>D</b> (j)	[87,194]	[81,237]

Les observations phénologiques ont été faites suivant l'échelle de Feeks (Large, 1954). Les différents stades notés sont successivement : le semis (0.0), la levée (1.0), le début-tallage (2.0), la montaison (6.0), l'épiaison (10.5) et la maturité (11.3). Les intervalles de variation des moyennes des variables climatiques pendant les phénophases sont présentés dans le Tableau 2.

## 2.2. Model statistique

La description détaillée de la modélisation structurelle sur variables latentes par la méthode PLS est présentée par Tenenhaus (1998). Les données sont formées de 6 groupes de variables  $X_{j=1,\dots,6}=\{x_{j,1},\dots,x_{j,i}\}$  observées sur 28 individus, les variables  $x_{j,i}$  observables sont appelés variables manifestes. Chaque groupe de variables constitue l'expression observable d'une variable latente  $\xi_j$  centrée- réduite. Dans une construction réflexive les variables manifestes  $x_{ji}$  sont reliées linéairement à leurs variables latentes de la façon suivante :

$$x_{ji} = \pi_{ji} \xi_j + \varepsilon_{ji} \quad (2)$$

$\pi_{ji}$  est le coefficient de régression,  $\varepsilon_{ji}$  est le résidu.

Les variables latentes  $\xi_j$  représentent dans notre cas les cinq phases phénologiques : Semis-Levée (S-L), Levée-Début tallage (L-T), Début tallage-Montaison (T-Mo), Montaison-Epiaison (Mo-E) et Epiaison-Maturité (E-Ma) et le rendement en grain. Les variables manifestes sont les moyennes des valeurs journalières pendant les phénophases de la température maximale Tx, la température minimale Tn, le rayonnement solaire RS et la durée du jour Dj. La variable latente « Rendement » est construite d'une façon formative à partir du nombre de grain par épillet (Ng), du poids de 1000 grains (Pg) et du nombre d'épillets fertiles (Ne):

$$\text{Rendement} = \alpha_1 Ng + \alpha_2 Pg + \alpha_3 Ne + o \quad (3)$$

$\alpha_{i(i=1,2 \text{ et } 3)}$  sont les coefficients de régression et le résidu

La relation structurelle entre les phénophases et le rendement est alors :

$$\text{Rendement} = \sum_{j=1, \dots, 5} \beta_j \xi_j + o_j \quad (4)$$

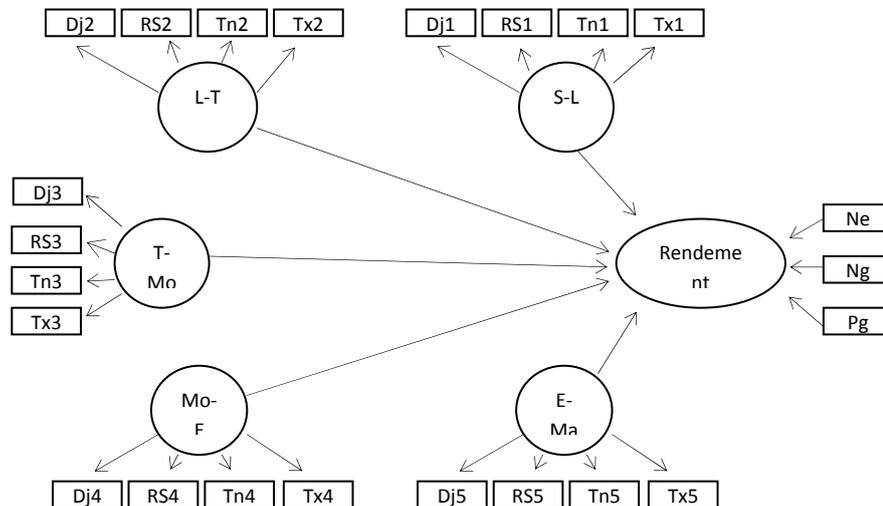
$\beta_j$  est le coefficient de régression,  $o_j$  est le résidu.

Les variables latentes  $\xi_i$  sont estimées par des approximations externes  $Y_i$  et internes  $Z_i$  qui sont respectivement:

$$Y_i = X_i w_i \quad (5)$$

$$Z_i = \sum_{\substack{j \neq i \\ \xi_j \text{ relié à } \xi_i}} [\text{signe}(\text{corrélation}(\xi_j, \xi_i))] Y_j \quad (6)$$

$w_i$  le vecteur colonne des poids tel que  $w_{ij} = \text{corrélation}(Z_i, X_{ij})$  est initialisé à l'unité et la convergence du système est obtenue par un processus itératif. Les constructions réflexives des phénophases et formative du rendement qui reflètent les sens des relations de causalité entre les variables manifestes et les variables latentes ont été choisies de façon à maximiser les performances du modèle statistique.



**Figure 1** : Schéma de causalité de la régression PLS. Les flèches représentent les relations de corrélations reliant les variables manifestes (variables climatiques et composantes des rendements représentés par des rectangles) à leurs variables latentes (phénophases et rendement représentés par des ellipses).

Les performances de cette approche sont évaluées par le pourcentage de variance moyenne expliquée (VME) qui doit dépasser les 50%, l'indice de concordance (IC) qui doit être supérieur à 0.7 et le coefficient de détermination  $R^2$ . Le détail de ces paramètres est présenté par Tenenhaus (1998). Le schéma de causalité de notre régression structurelle PLS est présenté dans la figure 1.

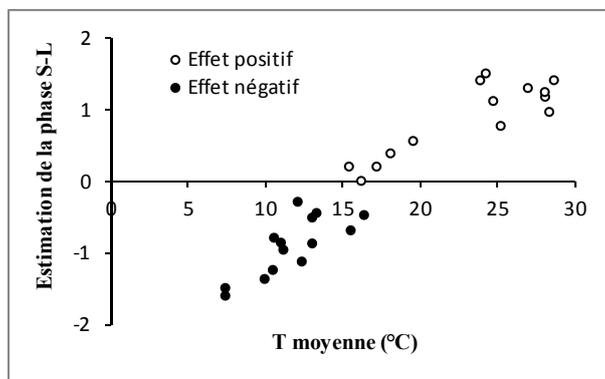
### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les coefficients de corrélation ainsi que les poids des variables manifestes sur le rendement et leurs significations statistiques, résultats de la régression structurelle PLS, sont présentés dans les Tableaux 3 et 4.

**Tableau 3.** Les coefficients de régression des différentes phases phénologiques (la relation est significative à 5% si le T de Student est supérieur à 1.96)

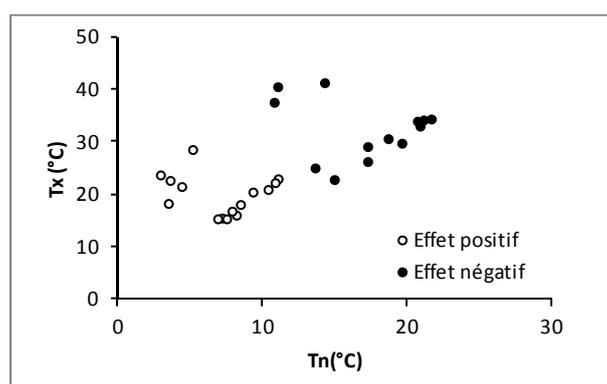
	Coefficient de régression $\beta_j$	T de Student	Ordre d'importance des phases
Phase S-L	0.45	2.73	3
Phase L-T	0.48	1.93	non significatif
Phase T-Mo	0.47	2.06	2
Phase Mo-E	-0.07	0.38	non significatif
Phase E-Ma	-0.52	5.51	1

Ces résultats montrent que le rendement de la variété Karim de blé dur en régime irrigué est très affecté par la phase E-Ma qui présente le poids le plus important et qui est corrélée négativement au rendement alors que les phases S-L et T-Mo viennent en second ordre avec des coefficients de régression positifs (Tableau 3).



**Figure 2.** Valeurs d'estimation de la variable latente S-L en fonction de la température moyenne et son effet sur le rendement.

La phase S-L est la phase d'installation durant laquelle le taux de réussite de la levée conditionne le nombre de plantes par unité de surface. Pendant cette phase les poids relatifs de  $T_x$  et  $T_n$  sur le rendement sont de même ordre de grandeur (Tableau 4). Le développement semble dépendre linéairement de la température puisque les coefficients de corrélation relative à  $T_n$  et  $T_x$  sont de même ordre d'importance. Les valeurs positives estimées de la phase S-L, favorables à une augmentation du rendement, sont relatives à des températures moyennes supérieures à 15°C (figure 2). Ce seuil est retrouvé de même pour la germination par Petr (1991). Les augmentations de la durée du jour et du rayonnement solaire qui sont observées en parallèle avec l'augmentation de la température consolident l'effet thermique positif sur la germination et la levée et par conséquent sur le rendement.



**Figure 3.** Effet de la variable latente T-Mo en fonction des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) sur le rendement

La phase L-T est de même très corrélée de façon similaire aux températures maximales et minimales (Tableau 4) ce qui suppose aussi une relation linéaire entre le développement de la plante et la température pendant cette phase, toutefois, le poids de la température minimale sur le rendement semble être légèrement supérieur à celui de la température maximale. Cette tendance est plus marquée pendant la phase T-Mo où le nombre de talles et le nombre potentiel des grains sont déterminés. Pendant cette phase deux processus de développement ont lieu simultanément: végétatif et reproductif. Le premier processus est caractérisé par l'initiation des primordia foliaires alors que le second par l'initiation des primordia floraux. Les basses températures allongent la durée du stade phénologique et favorisent un nombre de primordia floraux plus important et par conséquent un nombre de grains plus important. Les valeurs estimées de la phase T-Mo favorables à une augmentation du rendement sont relatives à des températures minimales et maximales inférieures respectivement à la fois à 11°C et 30°C. Les températures maximales dépassant 30°C peuvent compromettre l'effet bénéfique des fraîches températures nocturnes sur le plan rendement (Figure 3).

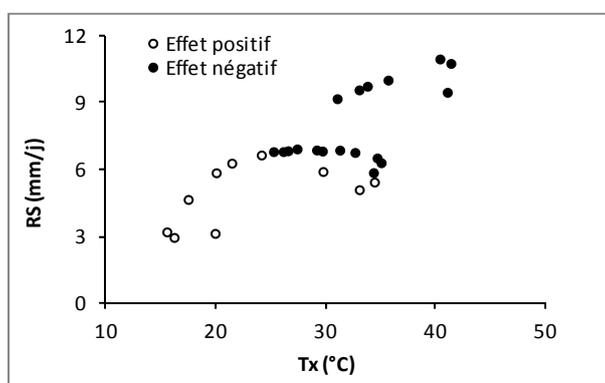
La phase Mo-E est très corrélée à la durée du jour et au rayonnement solaire ce qui suppose la sensibilité du développement phénologique de la variété Karim pendant cette phase à la photopériode. Ce résultat est conforme à plusieurs travaux (Miralles et al., 2001; Kirby et al., 1999) qui trouvent que la durée de la phase double ride-floraison est plus sensible à la photopériode que le stade antécédent qui est essentiellement végétatif.

**Tableau 4.** Poids des différentes variables climatiques au niveau des différentes phases phénologiques successivement numérotées (la relation est significative à 5% si le T de Student est supérieur à 1.96)

Corrélations $\pi_{j,i}$	Poids de la variable $w_{j,i}$	T de Student des $w_{j,i}$	Ordre d'importance des variables	
<b>Dj1</b>	0,90	0,26	9,97	2
<b>RS1</b>	0,75	0,21	4,19	3
<b>Tn1</b>	0,71	0,36	4,81	1
<b>Tx1</b>	0,95	0,35	20,13	1
<b>Dj2</b>	0,85	0,21	6,00	3
<b>RS2</b>	0,65	0,12	1,71	Non significatif
<b>Tn2</b>	0,85	0,44	5,67	1
<b>Tx2</b>	0,95	0,36	22,66	2
<b>Dj3</b>	-0,53	0,01	0,09	Non significatif

<b>RS3</b>	-0,30	0,05	0,34	Non significatif
<b>Tn3</b>	-0,95	-0,69	2,78	1
<b>Tx3</b>	-0,81	-0,43	2,91	2
<b>Dj4</b>	0,71	0,51	6,05	1
<b>RS4</b>	0,88	0,46	5,03	3
<b>Tn4</b>	-0,47	-0,51	3,77	2
<b>Tx4</b>	0,29	-0,07	0,43	Non significatif
<b>Dj5</b>	0,91	0,44	9,87	1
<b>RS5</b>	0,93	0,39	20,02	2
<b>Tn5</b>	0,23	0,01	0,01	Non significatif
<b>Tx5</b>	0,84	0,26	5,29	3
<b>Ng</b>	0,57	-1795,94	6,59	1
<b>Pg</b>	0,57	1391,71	9,71	2
<b>Ne</b>	0,57	404,80	1,92	3

Pendant la phase E-Ma le poids et le nombre final des grains sont déterminés, deux composantes de première importance sur le plan élaboration du rendement. Les poids statistiques de la durée du jour, du rayonnement solaire et de la température maximale sont très significatifs et se présente respectivement dans un ordre décroissant alors que l'effet de la température minimale n'est pas significatif (Tableau 4). Les longues journées avec un rayonnement solaire intense et une température maximale élevée occasionnent une baisse du rendement c'est l'effet du stress thermique qui accélère la sénescence de la plante et peut provoquer la stérilité du pollen ou même l'avortement des fleurs fécondées (Midmore et al., 1984). Les valeurs estimées de la variable latente relative à cette phase favorables à une augmentation du rendement sont observées surtout pour des températures maximales moyennes inférieures à 25°C (figure 4). Ce seuil de température est présenté également par plusieurs auteurs (Slafer et Rawson 1995, Osborne et al. 2013). Il est à noter que des valeurs de Tx plus élevées peuvent être tolérables si le rayonnement solaire n'est pas très intense (<6mm/j). L'exposition de la plante à de forte irradiances solaires accentue le déphasage entre la température de l'air et celle de la plante et par conséquent l'effet du stress thermique comme il a été souligné par Vinocur et Ritchie (2001).



**Figure 4.** Effet de la variable latente E-Ma en fonction de la température maximale (Tx) et du rayonnement solaire (RS) sur le rendement

Les paramètres jugeant de la qualité de l'estimation de cette approche statistique sont présentés dans le Tableau 5. Les VME des phases ayant un poids significatif par rapport au rendement sont supérieures

à 50% et leurs IC sont supérieurs à 0.7. Le coefficient de détermination  $R^2$  est égal à 0.84 reflétant la bonne adéquation de l'outil.

**Tableau 5.** Les valeurs des variances moyennes expliquées (VME), les indices de concordance (IC) et le coefficient de détermination ( $R^2$ ) du modèle PLS.

	VM E	IC	$R^2$
Phase S-L	0,70	0,90	
Phase L-T	0,70	0,90	
Phase T-Mo	0,59	0,77	
Phase Mo-E	0,40	0,45	
Phase E-Ma	0,62	0,85	
<b>Rendement</b>			<b>0,84</b>

### 3. CONCLUSION

Cette analyse statistique par la méthode structurelle PLS de l'effet des facteurs climatiques sur le rendement du blé sous conditions nutritives et hydriques non limitantes souligne bien l'importance de l'effet de la température. Toutefois, si le processus de production et de développement n'est pas corrélé linéairement avec la température, les poids des températures nocturnes et diurnes sont différents. Ceci étant le cas de toutes les phases à partir du début tallage. Le rayonnement solaire et la durée du jour consolide l'effet positif de la température sur le rendement quand elle n'est pas très élevée et accentue son effet négatif dans le cas contraire.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Evans L, Wardlaw I, Fisher R. Wheat. (1975). In Crop physiology: some case histories. Cambridge University press. Cambridge UK . pp101-149.
- Fischer R. (1985). Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *The Journal of Agricultural Science*, **105**, 447-461.
- Friend D. (1966). The effect of light and temperature on the growth of cereals, in the growth of cereals and grasses. eds F L Milthorpe and J D Ivens. Butterworths. London. pp181-199.
- Garcia del MoralL, RharrabtY, VillegasD, RoyoC. (2003). Evaluation of Grain Yield and Its Components in Durum Wheat under Mediterranean Conditions: An Ontogenic Approach. *Agron. J.*, **95**, 266-274.
- GonzálezF, SlaferG, Miralles D. (2002). Vernalization and photoperiod responses in wheat pre-flowering reproductive phases. *Field Crops Research*, **74**, 183-195.
- Jenner C. (1991). Effects of exposure of wheat ears to high temperature on dry matter accumulation and carbohydrate metabolism in the grain of two cultivars. II. Carry-over effects. *Aust. J. Plant Physiol.*, **18**, 179-190.
- Kirby E. (1985). Significant stages of ear development in winter wheat, in Wheat Growth and Modelling. NATO ASI Series, Series A: Life Sciences, vol. 86, Plenum Press, London. 1985.
- Kirby E, Spink J., Frost D., Sylvester-Bradley R., ScottR. K., Foulkes M. et al., (1999). A study of wheat development in the field: analysis by phases. *Eur. J. Agron.*, **11**, 63-82.
- Large E. (1954). Growth stage in cereals: Illustrations of Feeks scale. *Plant Pathology*, **3**, 128-129.
- Lasram A, Abdou H, Sghaier N, Nagag K, Masmoudi MM, Ben Mechlia N. (2010). Analyse et modélisation de l'effet du stress thermique sur le poids des grains du blé dur, *Revue des régions arides*, **24**, 599-605.
- Midmore D, Cartwright P, Fischer R. (1984). Wheat in tropical environments. II. Crop growth and yield. *Field Crop Reseach.*, **8**, 207-227.
- Miralles, D.J., Brenda, C. F., Slafer, G. A. (2001). Developmental responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. *Field crops res.*, **71**, 211-223.
- Osborne T, Rose G, Wheeler T. (2013). Variation in the global-scale impacts of climate change on crop productivity due to climate model uncertainty and adaptation, *Agricultural and Forest Meteorology*, **170**, 183-194.

- Petr J. (1991). Weather and Yield. Elsevier, Amsterdam, 288p.
- RahmanM, WilsonJ. (1977). Determination of spikelet number in wheat. I. Effect of varying photoperiod on ear development. *Australian Journal of Agricultural Research*, **28**, 265-274.
- RaneJ, PannuR, SohuV, SainiR, MishraB, Shoran J et al. (2007). Performance of Yield and Stability of Advanced Wheat Genotypes under Heat Stress Environments of the Indo-Gangetic Plains, *Crop Science*, **47**, 1561-1573.
- Rawson H. (1971). Tillering patterns in wheat with special reference to the shoot at the coleoptiles node. *Aust. J. biol. Sci.*, **24**, 829 - 842.
- Rawson H. (1993). Radiation Effects on Rate of Development in Wheat Grown Under Different Photoperiods and High and Low Temperatures. *Australian Journal of Plant Physiology*, **20**, 719-727.
- Reynolds M. (2004). Trethowan R, Crossa J, Vargas M, Sayre K. Erratum to ‘‘Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat’’. *Field Crops Research*, **85**, 253-274.
- Russell G, Wilson G. (1994). An Agri-Pedo-Climatological Knowledge-Base of Wheat in Europe. Joint Research Centre, European Commission, Luxembourg.
- Satorre E, Slafer G. (2000). Wheat ecology and physiology of yield determination. Food Products Press, Binghamton.
- Slafer G, Rawson H. (1995). Rates and cardinal temperatures for processes of development in wheat: effects of temperature and thermal amplitude. *Aust. J. Plant Physiol.*, **22**, 913–926.
- Tenenhaus M., (1998). La régression PLS : Théorie et pratique. Edition Technip, Paris.
- VargasM, CrossaF, Van Eeuwijk F, SayreK, Reynolds M. (2001). Interpreting Treatment 3 Environment Interaction in Agronomy Trials. *Agron. J.*, **93**, 949-960.
- Vinocur M, Ritchie J. (2001). Maize leaf development biases caused by air apex temperature differences. *Agron. J.*, **93**, 767-772.
- Wall P, Cartwright P. (1974). Effects of photoperiod, temperature and vernalization on the phenology and spikelet numbers of spring wheats. *Annals of Applied Biology*, **76**, 299-309.
- Wardlaw I. (1970). The early stages of grain development in wheat: response to light and temperature in spring variety, *Aust. J. biol. Sci.*, **24**, 1047-1055.



## Paramétrage du modèle AquaCrop pour la simulation de la culture du blé dur

N. Sghaier<sup>1</sup>, M.M. Masmoudi<sup>1</sup>, N. Ben Mechlia<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>INAT, 43 av. Charles Nicolle, 1082 Tunis, Tunisie.  
E-mail: netij.benmechlia@iresa.agrinet.tn

### RESUME

La modélisation des cultures permet de mieux comprendre la dynamique de croissance et de développement de la culture sous conditions des stress hydrique et thermique du milieu. Dans le présent travail, le modèle AquaCrop a été paramétré pour la culture du blé dur. Les résultats ont montré que le modèle a simulé le stock hydrique du sol et la couverture foliaire avec respectivement des RMSE de 21.8 mm (6.8 %) et 0.06 (11.8 %). Bien que le modèle surestime la production de la matière sèche au cours du cycle de développement de la culture, il a montré sa performance à simuler la matière sèche finale et le rendement avec des écarts variant de + 2.2 à + 7 % et de - 2.8 à + 16.4 %, respectivement.

Mots clefs : Modélisation, AquaCrop, blé dur.

### SUMMARY

Crop modeling is relevant when simulation try to understand the crop response to both water and temperature stresses. In the present work, AquaCrop model was parameterized for durum wheat crop. Results show the capacity of the model to simulate soil water content and canopy cover adequately respectively with RMSE of 21.8 mm (6.8 %) and 0.06 (11.8 %). Although, the model overestimates dry matter production during crop development, the model showed its performance in simulating final dry matter production and grain yield with deviations varying between +2.2 to + 7.0% and - 2.8 to + 16.4%, respectively.

**Key words:** Modeling, AquaCrop, durum wheat.

### 1. INTRODUCTION

L'eau reste le facteur le plus limitant de la production agricole dans les régions du monde où les pluies ne sont pas suffisantes aux besoins hydriques des cultures (Hsiao et al., 2009). Ainsi, l'amélioration de son utilisation par les cultures sous conditions pluvial ou irriguée a fait l'objet de plusieurs études (Nair et al., 2013, Pala et al., 2007, Turner, 2004). L'utilisation des modèles de simulation permet d'examiner en simultanée la réponse des cultures aux différentes conditions physiques du milieu et d'extrapoler les résultats expérimentaux sous différentes conditions environnementales. De plus, la simulation des modèles avec une longue série de données climatiques permet d'acquérir des connaissances pour plusieurs scénarios climatiques que l'expérimentation ne peut pas souvent les fournir. Selon les objectifs du modèle, deux approches principales sont distinguées. La première approche ou scientifique est basée sur l'amélioration des connaissances relatives au comportement de la culture, de sa physiologie et de son adaptation aux différents environnements. La seconde approche ou d'ingénierie essaye de se focaliser principalement sur les agriculteurs et des décideurs pour un but plutôt opérationnel que mécanistique (Steduto et al., 2009).

Le besoin d'améliorer l'utilisation de l'eau par les cultures surtout sous conditions hydriques déficitaires a permis de développer plusieurs types de modèles opérationnels. Parmi ces modèles, celui de la FAO (Dorenboos et Kassam, 1979) qui a été largement utilisé depuis des décennies. Récemment, la division des ressources en eau de la FAO a développé le modèle AquaCrop dont le concept a été développé par Steduto et al (2009). Ce modèle qui est du type dynamique et opérationnel a pour objectif d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans la production agricole (Araya et al, 2010). Le programme est conçu pour simuler la matière sèche et le bilan hydrique des cultures particulièrement sous conditions hydriques limitées (Steduto et al, 2009). Plusieurs études ont fait l'objet de calibrage et de validation du modèle pour plusieurs cultures sous différentes conditions climatiques et hydriques. Le programme AquaCrop a été testé pour le maïs (Hsiao et al, 2009), le cotonnier (Farahani et al, 2009), l'orge (Araya et al, 2010) et le blé tendre (Andarzian et al, 2011, Salemi et al, 2011, Mkhabela et Bullock, 2012). Les résultats de ces travaux ont montré que le modèle

AquaCrop a simulé d'une manière cohérente la production de la matière sèche et du bilan hydrique sous les différentes conditions environnementales. Le présent travail a pour objectif de paramétrer le modèle AquaCrop pour la culture du blé dur sous conditions pluviale et irriguée au site expérimental de l'INAT à Mornag durant la campagne 2006/2007.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### *Description des conditions expérimentales*

L'essai a été conduit à la station expérimentale de l'INAT durant la campagne agricole 2006-2007. La station est située dans la plaine de Mornag à 20 km Sud-Est de Tunis (36,7° N, 10°, 26 E). La plaine est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride supérieur à hiver doux. Les valeurs moyennes de la pluviométrie et de l'évapotranspiration de référence selon la méthode de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) sont respectivement de 450 et de 1295 mm. Le sol du site expérimental est du type peu évolué d'apport alluvial, profond et à caractère vertique. Le profil du sol sur 1 m de profondeur présente une texture homogène du type argilo-limoneuse. Les caractéristiques physiques telles que, la capacité au champ (CC), le point de flétrissement permanent (PFP) et la densité apparente (Da) sont présentées au Tableau 1. Les données relatives à la teneur en eau et à la conductivité hydraulique à la saturation ont été estimées moyennant les fonctions de pédotransfert de Saxton et Rawls (2006). Les valeurs journalières de l'évapotranspiration de référence (ET<sub>o</sub>) ont été calculées selon la méthode de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) sur la base des données climatiques de la station météorologique in-situ. L'expérimentation a été établie sur des parcelles de grande dimension dans le but de se mettre à des conditions comparables de l'agriculteur avec trois répétitions durant les campagnes agricoles 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008 et 2008-2009. Les parcelles expérimentales ont eu une dimension 36 m x 6 m à trois répétitions. Durant la campagne 2006-2007, un traitement de semis tardif a été réalisé au mois de Décembre 2006 (2006/2007 LS). Les dimensions des parcelles ont été de 12 m x 6 m à neuf répétitions. Le semis a été réalisé à raison de 350 grains/m<sup>2</sup>. Durant l'année expérimentale, différents traitements hydriques ont été effectués sur la culture du blé. Les traitements ont concerné les régimes pluvial et irrigué appliqués au cours du cycle de développement de la culture du blé (Tableau 2). L'analyse au laboratoire de la qualité de l'eau d'irrigation qui provient des eaux du Nord a montré un résidu sec de 1.3 g/l et un pH de 7.4 (Ghrab, 2012).

### *Mesure du stock hydrique du sol*

Le stock hydrique du sol a été mesuré sur 1.0 m de profondeur avec la méthode neutronique à l'aide d'une sonde à neutron du type SOLO 25 à un pas de 10 cm de profondeur. En surface (0-30 cm), les mesures ont été réalisées par la méthode gravimétrique. Suite aux problèmes rencontrés à la sonde à neutron, le suivi du stock hydrique du sol a été effectué par la méthode gravimétrique à 1.0 m de profondeur à partir du 01/02/2007 à un pas de 10 cm de profondeur. Le suivi de l'humidité du sol a été effectué périodiquement à partir du semis et jusqu'à la maturité physiologique de la culture à raison de trois répétitions par traitement hydrique. Les répétitions des mesures du stock hydrique du sol ont été distribuées tout au long de la parcelle expérimentale.

### *Mesure de la couverture foliaire, de l'indice foliaire, de la matière sèche et du rendement*

La couverture foliaire (CC) a été estimée périodiquement jusqu'à la couverture maximale à partir des images photographiques numériques sur une couverture de sol de surface 0.5 m x 0.5 m. Les photos ont été prises d'une manière verticale à environ 1.5 m de la surface du sol. Ensuite, elles ont été traitées moyennant un programme de traitement d'images Can Eye (Weiss *et al.*, 2004). Le principe de ce programme est de classer l'image en deux classes selon la réponse spectrale dans le domaine du visible. La première classe concerne les pixels de couleurs vertes ou végétation et la deuxième concerne les pixels complémentaires de la première classe de couleurs autres que le vert ou sol. La matière sèche (MS) a été mesurée périodiquement sur une surface de 0.5 m x 0.5 m à trois répétitions. Les racines des échantillons ont été éliminés et la matière verte qui a été séchée dans une étuve à 70 °C pendant 72 h.

**Tableau 1.** Valeurs de CC, PFP et Sat en pourcentage volumique et Da du sol à la station expérimentale de l'INAT à Mornag

Profondeur (cm)	CC (vol. %)	PFP (vol. %)	Da (g/cm <sup>3</sup> )	Sat (%)	Ksat (mm/jour)
0-20	38.4	21.0	1.45	45.3	148.8
20-40	35.6	21.5	1.47	44.5	116.2
40-60	35.7	21.9	1.50	43.4	103.9
60-80	35.7	21.9	1.53	42.3	103.9
80-100	34.6	21.1	1.58	40.4	105.6
Moyenne	36.0	21.5	1.51	43.2	115.7

**Tableau 2.** Les traitements hydriques, les dates de semis, les pluviométries (P), les quantités d'eau d'irrigation (I), les dates d'irrigation en jours après semis (JAS) et les précédents culturaux durant la campagne expérimentale 2006-2007.

Traitement	Date de semis	I (mm)	Date d'irrigation (JAS)	P+I (mm)	Précédent cultural
Pluvial	18/11/2006	0		405	Féverole
I-60	18/11/2006	60	158	465	Féverole
Pluvial LS	12/12/2006	0		382	Luzerne

### Paramétrage du modèle AquaCrop

Le programme AquaCrop a été développé par la FAO (Steduto et *al.*, 2009) dans le but d'aider les chercheurs et les développeurs du monde rural à comprendre la dynamique des relations existantes entre l'environnement et la culture. Il est composé de quatre modules dont le climat, le sol, la culture et les pratiques culturales. La description de ces modules ainsi que les différents algorithmes du modèle sont décrits par Raes et *al.* (2009). Cinq variables climatiques sont nécessaires pour faire tourner le modèle AquaCrop: températures de l'air minimale (Tn) et maximale (Tx), pluie (P), l'évapotranspiration de référence (ETo) et la concentration moyenne annuelle du CO<sub>2</sub>. Les paramètres de la culture ont été calibrés à partir des mesures expérimentales sur la croissance et le développement du blé en 2006/2007. Ces paramètres ont concerné le coefficient de croissance foliaire et la productivité de l'eau normalisée (g/m<sup>2</sup>). La caractérisation des stades phénologiques au cours du cycle de développement de la culture ont été réalisés sur la base du régime thermique ou GDD (growth day degree). Les GDD ont été calculées selon l'approche de McMaster et Wilhem (1997) qui est la plus utilisée pour les céréales. Les autres paramètres appelés conservateurs ont été dérivés à partir des suggestions des auteurs du programme (Raes et *al.*, 2009, Hsiao, 2012). Les paramètres du sol ont été dérivés à partir des mesures effectuées in-situ (Tableau 1). Dans la simulation du modèle, la fertilité et la salinité du sol ont été considérées comme des facteurs non limitant durant la période expérimentale.

### Evaluation de la performance du modèle AquaCrop

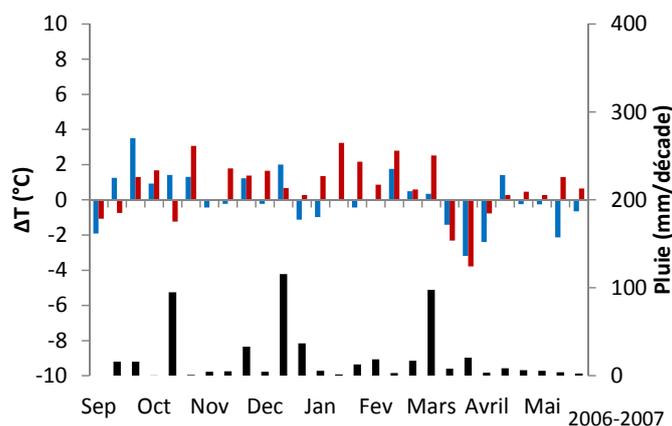
L'évaluation de la performance du modèle pour la simulation de la culture du blé a été réalisée sur la base des indicateurs statistiques. Ces indicateurs ont concerné l'erreur quadratique moyenne (RMSE) qui indique à quel degré le modèle surestime ou sous-estime les observations. L'indice de Willmott (1982) qui est un indicateur de concordance ou de tendance ( $d$ ) entre les valeurs observées et simulées du modèle (2). Il varie de 0 à +1. Plus  $d$  est proche de 1, plus le modèle est cohérent avec  $S_i$ ,  $O_i$ ,  $\bar{O}$  présentent les valeurs simulées, mesurées et la moyenne des observations.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left( \left| S_i - \bar{O} \right| + \left| O_i - \bar{O} \right| \right)^2} \quad (2)$$

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### Conditions climatiques et hydriques

Les régimes thermiques des campagnes agricoles au cours de la période d'étude ont été caractérisés par le calcul des écarts entre les températures maximales et minimales décadaires au cours de la campagne 2006-2007 et leurs moyennes durant la période 2000-2009. Les températures maximales durant la période décembre 2006-février 2007 ont été plus élevées par rapport à leur moyenne. Alors que les températures minimales ont présenté des niveaux comparables à légèrement plus élevées par rapport à leurs moyennes. Durant la même période, les événements pluviaux ont été fréquents avec des niveaux élevés aux mois de décembre 2006 et mars 2007. Au cours de la période allant du mois de mars 2007 (décades 2 et 3) jusqu'au mois de mai 2007, les températures décadaires minimales et maximales ont été généralement plus faibles par rapport à leurs moyennes. Ceci a été surtout marqué durant la deuxième et la troisième décade du mois de mars 2007 (Figure 1).



**Figure 1.** Valeurs décadaires des écarts des températures maximales et minimales par rapport aux moyennes ( $\Delta T$  en  $^{\circ}\text{C}$ ) et des pluviométries au cours de la période septembre-mai pour la campagnes 2006-2007 à la station expérimentale de l'INAT à Mornag

#### Calibrage du modèle AquaCrop

Au début de la campagne 2006/2007, les conditions de germination de la culture ont été tributaires du stock hydrique dans les couches superficielles du sol. Ces conditions ont limité la vitesse de germination et la levée a été effectuée à 335 °jour (22 jours) après le semis. Au cours de la même campagne, le traitement à semis tardif (2006/2007 LS) a été semé dans des conditions hydriques du sol optimales et la levée de la culture a été effectuée à seulement en 140°jour (11 jours) après le semis. La profondeur maximale des racines du blé n'a pas été mesurée durant la période expérimentale. Dans le présent travail, elle a été supposée atteinte à la fin de la date de la floraison avec une profondeur maximale de 1 m. Dans le modèle AquaCrop, deux types de paramètres relatifs à la culture sont distingués. Les premiers sont considérés conservatifs selon le manuel du modèle (Raes et al., 2009). Parmi ces paramètres, la productivité de l'eau normalisée et le coefficient de croissance foliaire ont été paramétrés dans les conditions expérimentales (Tableau 3). Les niveaux supérieurs et inférieurs d'épuisement hydrique du sol qui correspondent respectivement au début du stress hydrique et au freinage de la croissance de la couverture foliaire, de la fermeture des stomates et de la sénescence prématurée. Ces paramètres, ainsi, que les formes des courbes de réponse au stress hydrique ont été paramétrés selon les suggestions des auteurs du modèle (Raes et al., 2009). Idem, les paramètres relatifs à l'augmentation et à la diminution de l'indice de récolte ont été paramétrés selon les suggestions de Raes et al. (2009). Ces paramètres sont partagés sur les périodes de préfloraison, au

cours de la floraison et durant la période de formation des graines. Au cours de la première période, le stress hydrique peut augmenter l'indice de récolte au maximum de 4 % si la production relative de la matière sèche juste avant la floraison est à environ de 85 % par rapport à la production potentielle. Au cours de la deuxième période, le stress hydrique commence à avoir un impact négatif sur l'indice de récolte suite aux possibles problèmes de pollinisation si le stock hydrique du sol est épuisé à raison de 85 %. Au cours de la troisième période qui correspond à la phase de formation des graines, le stress hydrique peut avoir un double effet. C'est-à-dire qu'il peut influencer positivement l'indice de récolte si le stress hydrique affecte légèrement l'expansion foliaire au cours de cette période à partir de 50 % d'épuisement hydrique du sol. Il peut influencer négativement l'indice de récolte, si le stress hydrique affecte fortement les stomates à partir d'un épuisement hydrique du sol de 90 %. Le coefficient relatif à ce dernier paramètre a été adapté pour les conditions expérimentales. La température de base qui en dessous de la quelle la croissance est inhibée complètement a été paramétrée selon les suggestions des auteurs du programme pour la culture du blé à 0 °C. La température maximale qu'au-delà de laquelle la croissance de la culture est affectée a été paramétrée selon les suggestions des auteurs à 26 °C. Les paramètres considérés non conservatifs selon les auteurs du modèle sont conditionnés plutôt par l'environnement de la culture ainsi que par les pratiques culturales. Ces paramètres concernent les durées des phases de levée, de couverture foliaire maximale, de la profondeur maximale des racines, de la période de la floraison, de la formation des graines et de la maturité. Les durées de ces différentes phases de développement ont été paramétrées durant la campagne 2006/2007 en jour et en degré jours (Tableau 4).

Tableau 3. Paramètres conservatifs de la culture utilisés dans la simulation du modèle AquaCrop

Description du paramètre	Valeur	Unité ou signification
Température de base	0	°C
Température maximale	26	°C
Couverture végétale par jeune plant à 90 % de germination	1.5	cm <sup>2</sup>
Coefficient de croissance foliaire (CGC)*	0.56	%/°jour
Coefficient de déclin de la couverture (CDC)	0.4	%/°jour
Coefficient cultural de base à CC maximale	1.1	Transpiration maximale par rapport à l'ET <sub>0</sub>
Productivité de l'eau normalisée*	13.4	g (matière sèche)/m <sup>2</sup> , fonction de CO <sub>2</sub>
Seuil supérieur de l'expansion foliaire (P <sub>upper</sub> )	0.2	Fraction de la réserve utile (RU) du sol qui à partir de cette valeur, l'expansion foliaire est inhibé
Seuil inférieur de l'expansion foliaire (P <sub>lower</sub> )	0.65	L'expansion foliaire est arrêtée à cette fraction de RU
Forme de la courbe du coefficient de stress de la croissance foliaire	5	Courbe légèrement convexe
Seuil supérieur de la conductance stomatique (P <sub>upper</sub> )	0.65	A partir de cette valeur de P, la conductance stomatique commence à diminuer
Forme de la courbe du coefficient de stress stomatique	2.5	Courbe fortement convexe
Coefficient de stress de la sénescence (P <sub>upper</sub> )	0.7	A partir de cette valeur de P, la sénescence commence
Forme de la courbe du coefficient de stress de la sénescence	2.5	Courbe fortement convexe
Coefficient d'inhibition de la croissance foliaire sur HI	peu	Augmentation de HI, résultat de réduction de CC à la floraison
Coefficient d'inhibition de la conductance stomatique sur HI	élevé	Réduction de HI, résultat d'inhibition des stomates à la floraison

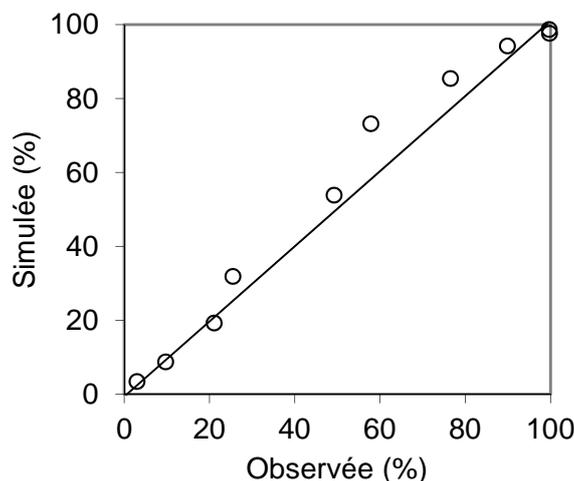
\* paramètre calibré à partir des mesures expérimentales.

Tableau 4. Paramètres non conservatifs de la culture utilisés dans la simulation du programme AquaCrop

Description du paramètre	Valeur	Unité ou signification
Temps semis-levée	9 (140)	Jours (GDD)
Temps levée-couverture maximale	80 (1107)	Jours (GDD)
Temps levée-profondeur racinaire maximale	110 (1528)	Jours (GDD)
Temps levée-début floraison	100 (1403)	Jours (GDD)
Temps levée-début sénescence	124 (1699)	Jours (GDD)
Temps levée-maturité physiologique	174 (2637)	Jours (GDD)
Durée de la floraison	14 (189)	Jours (GDD)
Indice de récolte standard (HIo)	45	Conditions expérimentales
Durée de la formation de HI	61 (980)	Jours (GDD)

#### *Couverture foliaire*

La croissance de la couverture foliaire simulée par le modèle AquaCrop a présenté une allure générale cohérente avec les mesures de CC au cours de la période de la croissance végétative de la culture avec une forte relation linéaire entre les valeurs simulées et observées ( $R^2=0.98$ ) (Figure 2). L'erreur quadratique moyenne entre les valeurs mesurées et simulées de CC a été de 6.3 % avec un pourcentage relatif sur les dix mesures de 11.8 %. L'indice de tendance ou de concordance entre les mesures et la simulation de CC a été proche de 1 avec une valeur de 0.99.

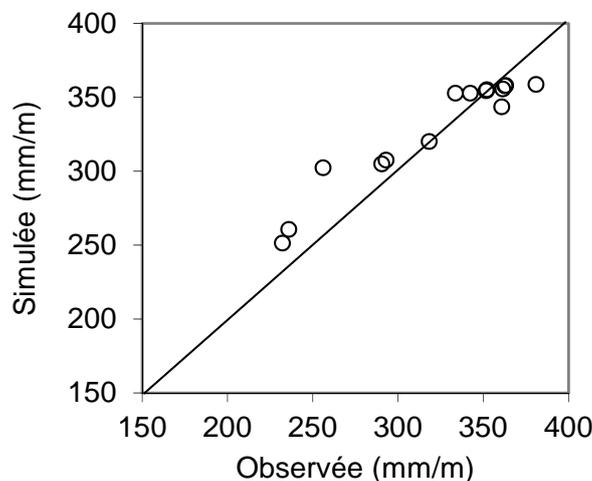


**Figure 2.** Valeurs de la couverture foliaire simulée et observée au cours de la période de la croissance végétative de la culture du blé durant la campagne 2006/2007. Les barres représentent les écartypes des valeurs de mesures de trois répétitions.

#### *Stock hydrique du sol*

Le bilan hydrique du sol a été simulé par couche de 10 cm jusqu'à 1 m de profondeur. Les stocks hydriques du sol mesurés et simulés sur 1 m de profondeur sont présentés à la Figure 3. Globalement, les valeurs simulées du stock hydrique du sol ont présenté une tendance comparable avec les valeurs mesurées sur tout le cycle de développement de la culture du blé dont la relation linéaire entre elles a montré un  $R^2$  de 0.92. Les écarts les plus élevés ont été observés durant la période de montaison de la culture et de la maturation des graines du blé. Les analyses statistiques entre les valeurs mesurées et simulées du stock hydrique du sol sur 1 m de profondeur

durant tout le cycle de développement de la culture (15 dates de mesures après le semis dont 2 en irrigué) ont présenté des RMSE de l'ordre de 21.8 mm (6.8 %). Le test de concordance ( $d$ ) a présenté une valeur de 0.92 indiquant une bonne cohérence entre les valeurs simulées et observées du stock hydrique du sol sous régime pluvial et sous régime I-60 mm.



**Figure 3.** Valeurs des stocks hydriques S (mm/m) du sol observés et simulés sur 1 m de durant la campagne 2006/2007.

#### **Matière sèche et rendement**

La simulation de matière sèche ( $\text{g/m}^2$ ) est calculée à partir de la productivité de l'eau normalisée qui a été calibrée durant la campagne 2006/2007 et de la transpiration réelle ( $T_r$ ) simulée par le modèle. Une fois la couverture foliaire est convenablement simulée, la transpiration est limitée par la valeur du seuil d'épuisement hydrique du sol  $p$  de la fermeture stomatique. Le seuil de 0.65 avec une forme de 2.5 a été jugé convenable selon les suggestions des auteurs du modèle pour la simulation.

Bien que les valeurs simulées de la matière sèche soient surestimées durant la phase de la croissance rapide de la culture (Figure 4a), le modèle a présenté une bonne cohérence avec les mesures de la matière sèche avec une relation linéaire entre les valeurs simulées et mesurées ayant un  $R^2$  de 0.97. L'erreur quadratique moyenne (RMSE) a montré une valeur de  $151.6 \text{ g/m}^2$  (24.0 %).

La simulation de la production de la matière sèche a été validée pour le traitement pluvial à semis tardif (Figure 4b). Globalement, les valeurs simulées de la matière sèche ( $\text{g/m}^2$ ) ont été en accord avec les observations avec un  $R^2$  de 0.97. Le test de concordance ( $d$ ) a montré une valeur de 0.99 montrant la performance du modèle avec un RMSE de  $102.3 \text{ g/m}^2$  (21 %). En fin de cycle de développement de la culture, la matière sèche finale simulée est en concordance avec les observations pour les différents traitements hydriques et de date de semis (Tableau 5). Les écarts (%) entre les valeurs simulées et observées de la biomasse finale ont varié de +2.2 à +7.0 %.

Une fois la matière sèche cumulée est simulée par le modèle, le rendement évolue linéairement comme une fraction de celle-ci à partir du début de la floraison. Cette fraction est l'indice de récolte (HI) dont sa durée a été calibrée en 2006/2007 avec une somme de température de  $963^\circ\text{jour}$  et une valeur de 45 %. Les différents paramètres qui sont en relation avec le développement de l'indice de récolte ont été choisis selon les suggestions des auteurs du modèle (Steduto et al, 2009, Raes et al, 2009). Seulement, l'effet de la fermeture des stomates sur le rendement suite au stress hydrique a été paramétré comme ayant un effet fort au lieu de modéré dans les conditions expérimentales de Mornag. Les écarts entre les valeurs simulées et observées du rendement ( $\text{g/m}^2$ ) ont varié de -2.8 à +16.4 %.

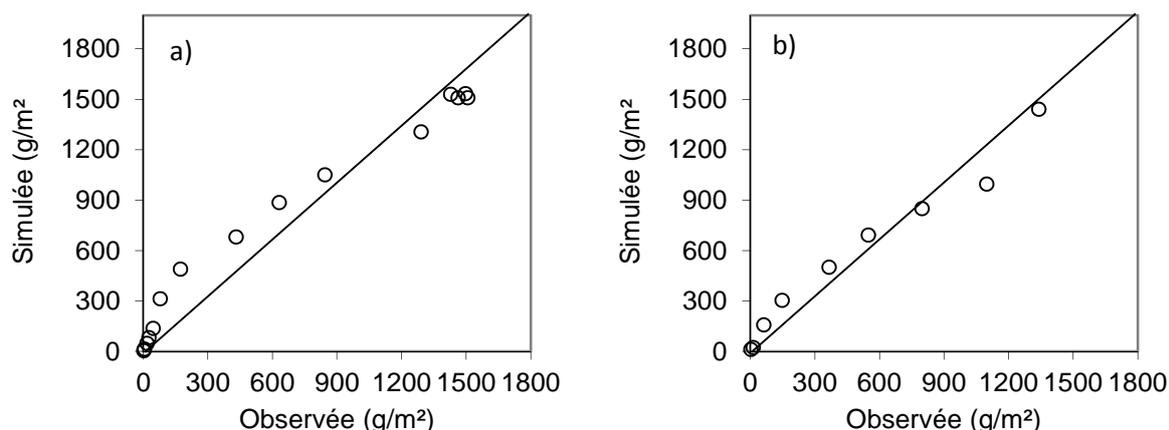


Figure 4. Valeurs simulées et observées de de la matière sèche ( $\text{g/m}^2$ ) durant la campagne 2006/2007 pour les traitements à des dates de semis conventionnel (a) et tardif (b)

Tableau 5. Valeurs observées et simulées de la biomasse finale ( $\text{g/m}^2$ ) et du rendement ( $\text{g/m}^2$ ) pour la campagne 2006-2007 sous conditions de semis à dates conventionnel et tardif

Traitement	Biomasse ( $\text{g/m}^2$ )		Rendement ( $\text{g/m}^2$ )	
	Observée	Simulée	Observé	Simulé
<b>2006-2007</b>				
Pluvial	1428.8	1529.5	645.7	687.7
Irrigué 60 mm	1497.4	1531.4	709.4	689.8
Pluvial à semis tardif	1408.0	1438.5	514.0	598.2

#### 4. CONCLUSION

Le modèle AquaCrop a été calibré et validé pour simuler la production de la matière sèche et du rendement du blé dur dans la région semi-aride à Mornag durant la campagne 2006-2007. La simulation de la couverture foliaire a été cohérente avec les mesures durant la phase végétative de la culture. Durant la période de sénescence, la simulation du modèle a surestimé les observations de CC estimées par le LAI. La simulation du stock hydrique du sol a été cohérente avec les mesures. Seulement, en fin de cycle, le modèle a surestimé la quantité d'eau dans le sol par rapport aux mesures. Cet écart est dû à la présence des fentes de retrait qui ont amené à des niveaux hydriques du sol inférieurs au point de flétrissement permanent. La simulation de la matière sèche a été en accord avec les mesures. Seulement, le modèle a tendance à la surestimer durant la phase végétative de la culture. La simulation de production de la matière sèche finale et du rendement ont montré des tendances cohérentes avec les observations avec des écarts variant de +2.2 à +7 % et de -2.8 à 16.4 %, respectivement.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen R G, Pereira L. S., Raes D., Smith M., (1998). Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements), FAO Irrigation and drainage paper 56, Rome.
- Andarzian, B., Bannayan, M., Steduto, P., Mazraeh, H., Barati, M.E., Barati, M.A., Rahnama, A., (2011). Validation and testing of the AquaCrop model under full and deficit irrigated wheat production in Iran. *Agric. Water Manage.* 100, 1–8.
- Araya A., Habtu S., Hadguc K. M., Kebede A., Dejene T. (2010). Test of AquaCrop model in simulating biomass and yield of water deficient and irrigated barley (*Hordeum vulgare*). *Agricultural Water Management* 97 (2010) 1838–1846.
- Doorenbos, J., and A.H. Kassam. (1979). Yield response to water. *Irrig. And Drainage Paper no. 33*. FAO, Rome.
- Farahani, H.J., Izzi, G., Oweis, T.Y. (2009). Parameterization and evaluation of the AquaCrop model for full and deficit irrigated cotton. *Agron. J.* 101, 469–476.

- Ghrab M. (2012). Irrigation Déficitaire en Arboriculture Fruitière: Productivité du Pêcher et Interaction Porte-greffe Variété PhD dissertation. Institut National Agronomique de Tunisie. Université de Carthage.
- Hsiao T.C. (2012). Herbaceous crops in crop yield response to water. FAO irrigation and drainage paper 66. Ed. Steduto P., Hsiao T.C., Fereres E. and Raes D. Rome.
- Hsiao, T.C., L.K. Heng, P. Steduto, D. Raes, and E. Fereres. (2009). AquaCrop— Model parameterization and testing for maize. *Agron. J.* 101:448–459.
- Mkhabela M. S. and Bullock P. R. (2012). Performance of the FAO AquaCrop model for wheat grain yield and soil moisture simulation in Western Canada. *Agricultural Water Management* 110:16–24.
- McMaster, G. S. and W.W. Wilhelm (1997). Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology* 87: 291-300.
- Nair S., Johnson J and Wang C. (2013). Efficiency of Irrigation Water Use: A Review from the Perspectives of Multiple Disciplines. *Agron. J.* Vol.105 No.2, p.351-363.
- Pala M., Ryan J., Zhang H., Singh M., Harri, (2007). H.C.. Water-use efficiency of wheat-based rotation systems in a Mediterranean environment. *agricultural water management* 93, 136 – 144.
- Raes, D., P. Steduto, T.C. Hsiao, and E. Fereres. (2009). AquaCrop—The FAO crop model for predicting yield response to water: II. Main algorithms and soft ware description. *Agron. J.* 101:438–447.
- Salemi H., Soom M.A.M., Lee T.S., Mousavi S.F., Ganji A. and Yusoff M.K., (2011). Application of AquaCrop model in deficit irrigation management of Winter wheat in arid region. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 610), pp. 2204-2215
- Saxton, K.E., and W.J. Rawls. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1569–1578.
- Steduto, P., T.C. Hsiao, D. Raes, and E. Fereres. (2009). AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy. J.* 101:426–437.
- Turner N. C. (2004). Agronomic options for improving rainfall-use efficiency of crops in dryland farming systems. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 55, No. 407.
- Weiss M., Baret F., Smith G.J., Jonckheere I., Coppin P. (2004). Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination Part II. Estimation of LAI, errors and sampling. *Agricultural and Forest Meteorology* 121: 37–53.
- Willmott, C.J. (1982). Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society* 63, 1309–1313.

## Evaluation de l'utilisation des eaux géothermiques pour la production des légumes sous abris serre au Nefzaoua (Sud-ouest tunisien) et impératifs de réhabilitation

Haddad Mansour  
Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie  
Mansour.haddad@ira.mrt.tn

### RÉSUMÉ

L'évaluation de l'efficacité de l'utilisation des eaux géothermiques pour le chauffage nocturne et l'irrigation des cultures sous serre dans la région de Kebili (Sud-ouest tunisien) a montré que l'utilisation de ces eaux présentent un risque élevé de concentration des sels dans le sol. Les projets des cultures légumières sous serres requièrent un examen au niveau de la conception avec une protection urgente contre le vent. L'efficacité de chauffage des serres est limitée par l'utilisation de matériaux amortis. La majorité des agriculteurs ne contrôlent pas le pilotage du chauffage, de l'irrigation, de la fertilisation, et les différentes techniques de conduite. Des recommandations inhérentes à la conception des projets à la technique de production et l'encadrement seraient nécessaires.

**Mots-clés:** Nefzaoua, eau géothermale, serres, évaluation, recommandations.

### SUMMARY

The evaluation of the efficiency of utilization of geothermal water for nocturnal heating and irrigation of greenhouse crops in the region of Kebili showed that the use of these waters present a high risk of the concentration of salt in the soil. Green houses projects for vegetables production require a review at the design and an effective protection against the wind. The efficiency of heating greenhouses is limited by the use of damping material. The majority of farmers do not control the heating and irrigation scheduling, fertilization and the different management techniques. Recommendations and improvements inherent in the project design, the technical and leadership are needed.

**Keywords:** Nefzaoua, geothermal water, green houses, evaluation, recommendations.

### 1. INTRODUCTION

Les potentialités de la Tunisie en eaux géothermiques sont estimées à 4850 l/s. Ces eaux emmagasinées dans les nappes fossiles du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal, ne sont pas renouvelable (Mamou, 1989). L'utilisation de ces eaux dans le secteur agricole a été envisagée au début des années 1980 pour combler le manque d'eau dans les oasis dont dépendent largement les activités socioéconomiques des Gouvernorat de Gabès, Tozeur et Kébili au Sud tunisien. Ces eaux sont chaudes, 65 °C en moyenne, pour pouvoir les utiliser pour l'irrigation des palmeraies, il faut les refroidir au préalable (Haddad, 2003). La circulation de ces eaux dans les abris serres permet de les refroidir et, en même temps, les calories émises assurent le chauffage des abris serres. Ainsi les cultures légumières protégées se sont greffées sur les activités de l'agriculture oasienne pour se développer très rapidement. La chaleur géothermique permet de surmonter le problème des basses températures nocturnes en hiver sous ces abris car dans les zones arides, les températures nocturnes pendant cette saison peuvent descendre à moins que 0°C. Cette activité pourrait être prometteuse dans le développement agricole, économique et social du Sud tunisien où les possibilités de diversifications des activités économiques sont très limitées. Elle permet de promouvoir la production des spéculations maraichères, la création des emplois permanents et occasionnels et l'exportation.

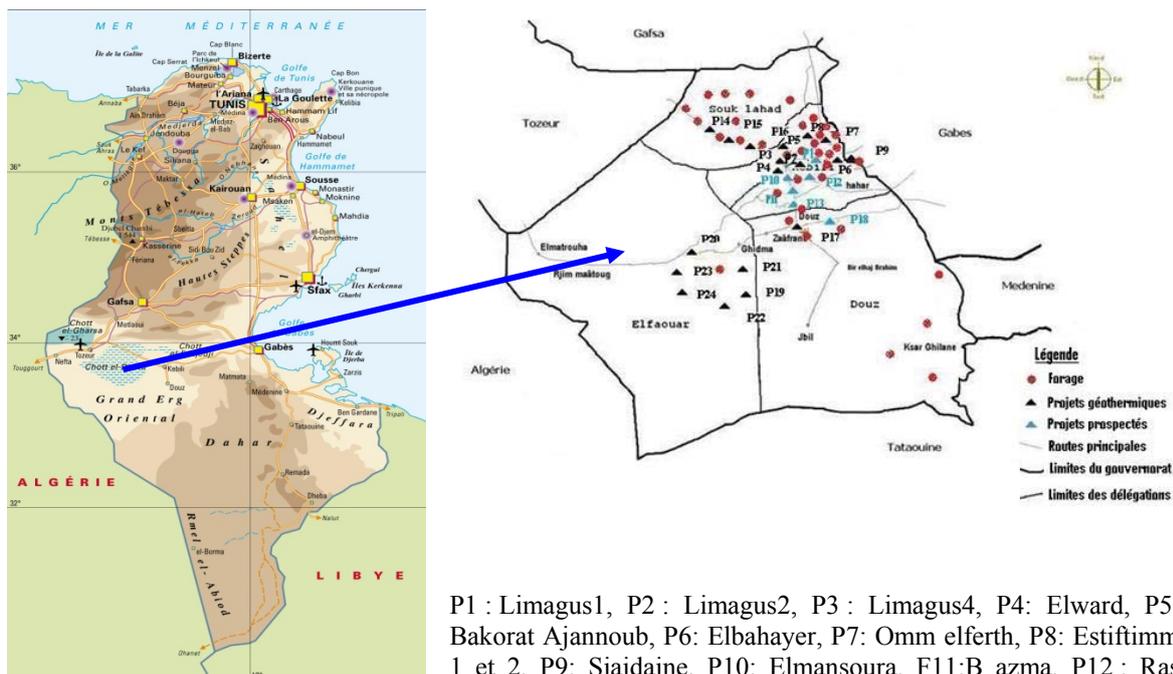
Cependant, dans ces zones, l'évolution des cultures sous serres chauffées et irriguées par les eaux géothermiques, sur des sols gypseux situés à proximité des chotts et des sebkhas et irrigués à partir des eaux salines pourrait constituer une contrainte principale menaçant la durabilité de cette activité agricole (Abid et al., 2001). De plus, les températures et l'hygrométrie sous serre facilitent l'apparition et la dissémination de diverses maladies : les nématodes, les champignons, les bactéries, les virus et les insectes (Belkadhi et al., 1993). De telles conditions déséquilibrent cette

activité agricole, suscitent des préjudices à la production et détériorent amplement la qualité des produits.

L'objectif de ce travail est l'évaluation de l'efficacité d'utilisation des eaux géothermiques pour le chauffage et l'irrigation des cultures sous serres chauffées par les eaux géothermiques dans la le Gouvernorat de Kébili, traditionnellement connue par ses dattes molles de très haute qualité à l'échelle internationale à savoir la *Deglèt Nour*. Le but est d'étudier la situation actuelle de cette activité agricole, d'identifier ces atouts ainsi que ses limites et de proposer quelques impératifs de restructuration.

## 2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude s'est déroulée dans le Gouvernorat de Kébili qui englobe la région de *Nefzaoua*, située au Sud-ouest de la Tunisie présaharienne. Elle couvre une superficie de 22 454 km<sup>2</sup>, bordée au Nord par la chaîne de montagne de Tabgua et à l'Ouest par Chott el Jérid (figure 1). Elle appartient à l'étage bioclimatique saharien de type continental caractérisé par la rareté des pluies (Ben Hassine et al., 1996). La forte évapotranspiration, 1914 et 2521 mm respectivement par les formules de Riou et Piche, se traduit par une sécheresse quasi absolue durant un peu plus de six mois. Compte tenu de l'absence de végétation dans le Chott El Jérid, la région est exposée à des vents qui soufflent de toutes les directions: Des vents continentaux de Novembre à Avril, des vents d'origine marine qui soufflent de Mai à Octobre et 35 jours de Sirocco en moyenne (un vent chaud et sec venant du Sahara). Cette zone est caractérisée par des fortes amplitudes thermiques inter journalières et inter saisonnières. La température maximale absolue dépasse les 50°C, tandis que la température minimale peut descendre au-dessous de 0°C. Le mois le plus chaud est Juillet ; avec une moyenne de 32°C, le mois le plus froid est Janvier avec une température moyenne de 9°C. L'amplitude thermique moyenne de l'année est de 23°C. La pluviométrie moyenne annuelle ne dépasse pas les 100 mm ainsi répartie entre les saisons: 32,4 mm en automne, 33 mm en hiver, 28,4 mm au printemps et 1,8 mm en été en moyenne. La durée moyenne d'insolations mensuelles est de 7,8 heures, les valeurs maximales sont enregistrées aux mois de juillet et Aout (9,9 heures) et les valeurs minimales pour le mois de Décembre (6 heures). L'hygromètre moyenne ne dépasse pas 50 % et varie tout le long de l'année. Les études hydrogéologiques réalisées dans cette zone ont mis en évidence la présence de deux nappes importantes : "le Complexe terminal" et "le Continental Intercalaire". Ces deux systèmes aquifères s'étendent sur l'ensemble du Sud Tunisien et assurent l'essentiel des ressources exploitables au Nefzaoua. Ces deux nappes présentent les principales caractéristiques suivantes : La profondeur du complexe Terminal varie de 40 à 400 m, elle fournit l'essentiel des ressources en eau de la région et sa salinité est comprise entre 1 à 4 g/l. Par contre la profondeur du Continental Intercalaire varie de 40 à 2600 m suivant la région géologique, sa salinité varie de 2 à 4,2 g/l, les ressources exploitables de cette nappe dans le pays s'évaluent à 4 m<sup>3</sup>/s dont près de 25% (1 m<sup>3</sup>/s) dans la région et elle assure les besoins en eau potable et l'irrigation.



P1 : Limagus1, P2 : Limagus2, P3 : Limagus4, P4: Elward, P5: Bakorat Ajannoub, P6: Elbahayer, P7: Omm elferth, P8: Estiftimm 1 et 2, P9: Siaidaine, P10: Elmansoura, F11:B azma, P12 : Ras Elain1 et 2, P13 : Jemna, P14 : Dbabcha1, P15: Dbabcha2, F16: Dbabcha 3,F17: Lazala, P18 : Hnich, P19 : Ahmed Abdelmola, P20 : Ali ladness, P21: Ali fareh, P22 : Charekatechabeb,P23 : Hadi ladnes, P24 : Elmachroaejjidid belfawar.

Figure 1. Localisation des différents projets géothermiques à Kébili

### 3. METHODOLOGIE

La réalisation de cette étude est basée sur l'analyse des rapports des services techniques de développement agricole et la réalisation d'une enquête qui a touché 22 exploitants répartis sur six projets (Ras Elain, Bazma, Jemna, Douz, Mansoura et Limagues) avec des dates de création différentes. Les données recueillies ont concerné:

La caractérisation des forages et l'analyse chimique des eaux.

Les analyses ont concernée la détermination du pH, de la conductivité électrique (CE), le résidu sec (RS) et la composition chimique de ces eaux (calcium, magnésium, sulfate et bicarbonate). Ces analyses ont permis la détermination du :

- *Sodium Absorption Ratio* (SAR) définit comme suit :

$$SAR = \frac{Na +}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Les teneurs en ions sont exprimées en méq/l ;

- *Pourcentage de Sodium Echangeable* (ESP) définit comme suit :

$$ESP = 100 * \frac{(-0,0126 + 0,1475 SAR)}{1 + (-0,0126 + 0,1475 SAR)}$$

Cette équation estime la quantité du sodium, exprimée en pourcentage, qui peut se fixer sur le complexe adsorbant du sol et entrainer sa sodisation ;

- *Le pouvoir de salinisation*

Il dépend de la conductivité électrique exprimée en mmhos/cm. Il est déterminé selon le diagramme rapport par Tavernier (1953), qui distinguer quatre classes : C1 : classe à faible

pouvoir de salinisation ; C2 : classe à pouvoir moyen de salinisation ; C3 : classe à fort pouvoir de salinisation et C4 : classe à très fort pouvoir de salinisation ;

- *Le pouvoir d'alcalinisation*

Il dépend de SAR. En se référant au diagramme rapporté par Tavernier, il est possible de distinguer quatre classes : S1 : SAR<10 = classe à faible pouvoir d'alcalinisation ;

S2 : 10<SAR<18=classe à pouvoir moyen d'alcalinisation ; S3 : 18<SAR<26= classe à fort pouvoir d'alcalinisation ; S4 : 26<SAR<100=classe à très fort pouvoir d'alcalinisation ;

- *Le faciès chimique* : il dépend de la composition chimique de l'eau en ions sodium, calcium, magnésium, potassium, chlore, sulfate et nitrate. Il est déterminé selon le diagramme de Piper.

(ii) l'identification des pratiques culturales et l'efficacité des besoins en eau et en fertilisants.

L'analyse des résultats est basée sur l'emploi du logiciel Exel pour les calculs des valeurs moyennes et l'analyse de la variance avec le model de Newman et Keuils.

#### 4. RESULTATS ET DISCUSSION

##### - *Importance du secteur*

Au Sud tunisien, les superficies des serres chauffées et irriguées par les eaux géothermales ont passé de 11ha en 1986 à 217 ha en 2010 (Tableau 1). Dans la région de Gabès, l'exploitation des eaux géothermiques pour le chauffage et l'irrigation des cultures sous serres est effectuée par des sociétés à grand potentiel d'investissement, la quasi-totalité de la production, notamment les différents types de tomates (rondes, allongées, cerises et grappes) est exportée. Par contre, dans les gouvernorats de Tozeur et Kébili, l'exploitation des serres est attribuée à des bénéficiaires sous forme de petites et moyennes exploitations. Ces projets étaient initiés pour créer des emplois aux jeunes. Il s'agit de mini-exploitations (0,2 à 0, 5 ha) préalablement installées et équipées qui vise à résoudre, en premier ordre, des problèmes sociaux.

**Le Tableau 1.** Distribution des superficies exploitées dans les trois gouvernorats du Sud tunisien (Abid et al., 2010).

Gouvernorats	Superficie (ha)
Kébili	78
Tozeur	32
Gabès	107
<b>Total</b>	<b>217</b>

L'évolution des superficies s'est manifestée par une évolution de la production et de l'exportation (Tableau 2). Les productions ont passé de **2 200** tonnes en 1988-1989 à **9 325** tonnes en 1999/2000 puis à **15 000** tonnes en 2006-2007 pour atteindre **24 000** tonnes en 2009-2010. Les quantités exportées, timides au départ, ont grimpé à presque 42 % en 2009/2010. Cette situation peut s'expliquer par un manque d'attention chez certains serristes pour garantir une production d'une qualité qui répond aux normes exigées sur les marchés internationaux. De plus, l'offre des légumes de primeurs (Tomate et melon) sur les marchés nationaux pendant les mois d'Avril et de Mai est basse permettant un écoulement facile et aisé de la production à des prix concurrentiels.

**Tableau 2.** Evolution des superficies (ha), de la production et des quantités exportées.

Saisons	Superficie (ha)	Production (tonnes)	Exportation (tonnes)	% exporté
85/86	1.3	80	-	-
88/89	21	2200	142	6
99/00	94	9325	1774	20
06/07	133	15058	3019	20
09/10	217	24 000	10 000	41,66

### - Caractérisation des forages prospectés

Les forages géothermaux ont été créés sur la nappe du Continental intercalaire entre 1987 et 2009. Leurs profondeurs sont variables, allant de 1752 m pour le forage de Limagues à 2800 m pour le forage de Bazma. Les profondeurs de ces forages sont très variables avec un minimum de 115 m pour le forage de Radhouane 2 et un maximum de 2800 m pour le forage de Bazma. Les débits varient de 117 l/s pour les forages de Limagues et Ras Ain à 210 l/s pour le forage de Bazma. La température de l'eau varie de 53°C pour le forage de Hinich à 72,5°C pour celui de Limagues (Tableau 3). Avant l'irrigation des oasis, l'eau chaude doit être refroidie avant. Le refroidissement de cette eau est assuré en mettant l'eau chaude en contact directe avec l'air. Ce système entraîne la perte de grandes quantités d'eau de bonne qualité sous forme de vapeur, estimée au 1/6 de l'eau exploitée. L'évaporation des eaux douces provoque la salinisation de l'eau refroidie et le colmatage des canalisations. Il serait judicieux de penser à la création des systèmes de refroidissements permettant de minimiser ces pertes et d'assurer la gestion raisonnable de ces ressources non renouvelables.

**Tableau 3.** Principales caractéristiques des forages prospectés à Kébili

Projets	Date de création	P (m)	Débit (l/s)	T (°C)
Mansoura	2006	2682	180	66
Limagues	1987	1752	117	72.5
Jemna	2009	2162	137.5	59
Ras Ain	1989	2580	117	66
Bazma	2006	2800	210	64
Hinich	1992	2080	137.5	53

### - Analyse chimique de l'eau

Le tableau 4 représente les caractéristiques chimiques des eaux de cinq forages. Ces eaux renferment des éléments indispensables à la croissance de la plante (le calcium, le magnésium, et peu de potassium et des excès de sodium et de Cl qui pourrait être nuisibles aux cultures. De plus ces eaux sont riches en bicarbonates qui élèvent le pH.

**Tableau 4.** Composition chimique des eaux géothermiques au Sud tunisien

Forage	pH	CE mS/cm	RS (g/l)	Bilan ionique							SAR	ESP
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		
Limagues	7.44	3.69	3	16.8	9.6	18.8	1.3	18	22	3.4	5.17	5.97
Jemna	6.84	4.27	3	10.4	9.6	24.8	1.1	19.6	20	2.9	7.84	9.33
Ras Ain	7.16	3.42	2.5	11.2	10.4	17	1.1	18.6	16	3	5.17	5.97
Bazma	7.16	3.57	2.6	8	11.2	18	1.1	16.8	20	3.6	5.80	6.79
Hinich	6.83	5.4	3.7	19.2	6.4	35	1.1	19.5	38	4.1	9.78	11.6

En se référant au diagramme de Tavernier (1953), les eaux analysées ont été classées et présentées dans le tableau 5. Les résultats indiquent que la totalité des eaux analysées appartient à la classe (C<sub>4</sub>) caractérisée par un pouvoir très fort de salinisation. L'irrigation par ces eaux engendre la salinisation du sol. Une partie de l'eau apportée est consommée par les plantes alors que le reste sera perdu par évaporation et par infiltration. Ces deux processus engendrent une concentration des sels en surface et une accumulation des sels en profondeur. Selon la même classification, ces eaux ont des pouvoirs d'alcalinisation forts (pour les projets de Jemna, Bazma et Hnich) à moyens (pour les projets de Limagues et Ras Ain). Ces risques d'alcalinisation sont dus à l'importance de pourcentages de sodium échangé avec le complexe adsorbant du sol (ESP). Cette alcalinisation induit la sodisation de sol, le bouchage des pores et réduit par conséquent, le taux d'infiltration de cette eau dans le sol.

**Tableau 5.** Caractérisation des eaux géothermiques

Forage	Caractérisation selon Tavernier (1953)	Pouvoir de salinisation	Pouvoir d'alcalinisation	Faciès géochimique
Limagues	C <sub>4</sub> S <sub>2</sub>	Très fort	Moyen	Chlorurée et sulfatée sodique
Jemna	C <sub>4</sub> S <sub>3</sub>	Très fort	Fort	Chlorurée et sulfatée sodique
Ras Ain	C <sub>4</sub> S <sub>2</sub>	Très fort	Moyen	Chlorurée et sulfatée sodique
Bazma	C <sub>4</sub> S <sub>3</sub>	Très fort	Fort	Chlorurée et sulfatée sodique
Hnich	C <sub>4</sub> S <sub>3</sub>	Très fort	Fort	Chlorurée et sulfatée sodique

**- Description et importances des abris serres**

Lors de la création des projets un lot de terrain de 1ha, un bassin de stockage d'eau et deux abris serres installées et équipées sont confiées à un jeune exploitant dans le cadre de la création des emplois. Les serres prospectées sont du type mono tunnel couvertes par des films plastiques agricoles du type EVA ou/et polyéthylène (PE) d'épaisseur 200 µm (cf. Photo 1). La durée d'utilisation d'un film de couverture peut dépasser même quatre ans chez ces exploitants. Cette durée d'exploitation entraîne la détérioration de la qualité de ces films. La surexploitation du film de couverture limite l'efficacité de la transmission des rayonnements solaires visibles, la rétention des rayons infrarouge de courtes longueurs d'onde donc sa qualité optique et sa résistance à l'effet des vents violents. Le réseau de chauffage est constitué par des tuyaux annelés en polypropylène de diamètre 25 mm disposés au ras du sol tout au long de la serre sous forme de boucles dans lesquelles circule l'eau chaude. Chaque serre, est équipée de huit boucles pour assurer une température minimale nocturne en hiver de l'ordre de 12°C. La durée d'utilisation des agrothermes est de quatre à cinq ans ce qui explique l'inefficacité du système de chauffage attribué par les mauvais états de ces agrothermes (colmatage, cassures, fuites). Actuellement, chez 14 exploitants, le nombre d'abris a augmenté, il est en moyenne de 4 abris par exploitant, il a même atteint 10 dans un projet témoignant une réussite pour ceux qui s'attachent à cette activité. 7 projets ont gardé le même nombre de serre. L'évolution du nombre de serres exploitées est attribuée non pas à des nouvelles installations mais essentiellement à la location ou l'achat des serres abandonnées par leurs propriétaires initiaux.



**Photo 1.** Serres mono- tunnel

### **- Description des techniques culturales**

#### **Fertigation**

L'irrigation appliquée chez les exploitants enquêtés est localisée. Ce mode d'irrigation assure une économie de l'eau. De plus, ces agriculteurs irriguent à une fréquence de deux fois par jour, une le matin et l'autre le soir. Ces agriculteurs estiment les besoins en eau de leurs cultures sans tenir compte de la valeur journalière de l'évapotranspiration potentielle à l'intérieur de la serre, de type de la culture, de stade végétatif de la plante, de la capacité de rétention en eau du sol ainsi que de facteur d'occupation de sol. Par conséquent, l'irrigation reste arbitraire et non efficiente. Les doses apportées par chaque irrigation sont ignorées par la majorité des agriculteurs.

Les agriculteurs enquêtés ont affirmé que l'irrigation est gênée par le colmatage des conduites d'irrigation. Ce bouchage chimique est dû à l'entartrage par précipitation de calcaire et du sulfate qui est favorisée par le pH élève de l'eau d'irrigation. Ce problème induit une irrégularité de l'irrigation d'où une hétérogénéité de l'humidité de sol.

Les besoins en engrais chimiques sont apportés par la méthode de la fertigation chez la totalité des agriculteurs prospectés. Les engrais utilisés sont : Le nitrate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), l'acide phosphorique dilué ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), le nitrate de potassium ( $\text{KNO}_3$ ), le nitrate de calcium ( $\text{Ca NO}_3$ ) et les oligoéléments notamment le fer et le Bore.

Pour contrôler la fertilisation, deux agriculteurs uniquement disposent de stations de tête formées d'un filtre à sable permettant l'élimination des résidus organiques, d'une pompe d'injection assurant l'injection de la solution mère dans le réseau de l'irrigation et d'un filtre à tamis pour l'élimination des résidus chimiques qui peuvent provoquer le colmatage des goutteurs.

Le reste des agriculteurs assurent l'injection de la solution fertilisante mère sous l'effet de la pression gravitaire, obtenue par l'emplacement surélevé d'un bac plastique de la solution mère connecté à la conduite principale de l'irrigation par un simple tuyau.

#### **Désinfection du sol**

La solarisation permet la désinfection du sol pour lutter contre les maladies telluriques telles que les Nématodes et les champignons telluriques (*Fusarium*, *Verticilium*). Elle est pratiquée une fois par ans au mois de juillet et Août. Elle consiste à appliquer une irrigation abondante par l'eau géothermique chaude sur un sol sous serre couverte. Cette méthode de désinfection est pratiquée par la totalité des agriculteurs enquêtés. Cette technique nécessite des quantités élevées d'eau chaude pour assurer le lessivage des sols sous serre en période estivale. Le volume d'eau utilisé n'est pas bien déterminé, mais il doit assurer la submersion totale de la superficie de l'abri serre. Cette période coïncide avec une demande accrue en eau d'irrigation pour les oasis, provoquant ainsi un grand problème de gestion d'eau entre les serres et les oasis. Chez plusieurs exploitants, la conduite phytosanitaire est inadéquate à l'agent pathogène causal.

#### **Culture en hors sol**

La technique des cultures en hors sol permet de s'affranchir du problème de la salinité du sol (Haddad, 2003). A l'exception de projet Mansoura, la culture en hors sol n'est pas pratiquée dans la totalité des projets prospectés à Kébili. En effet, malgré la salinisation de sol et son infestation par des problèmes phytosanitaires, les agriculteurs enquêtés continuent à se limiter aux faibles rendements obtenus. Selon ces agriculteurs, la culture hors sol est une technique qui présente un coût très élevé, son application nécessite des charges qui dépassent leurs potentialités. Il est à préciser que cette technique est très utilisée dans les grands projets dans la région de Gabès.

#### **Greffage**

Le greffage permet d'éviter les principales maladies du sol. Cette technique est appliquée par 7 exploitants uniquement. L'utilisation des plants non greffés est attribuée au coût élevé entraîné par le greffage et à l'absence d'une pépinière professionnelle dans la région. Pour rendre disponible les plants greffés, il est judicieux d'installer une pépinière spécialisée dans cette région.

### **Principales cultures**

Les cultures pratiquées sous serres chauffées appartiennent à deux familles : les Solanacées (représentées par la tomate) et les Cucurbitacées (le melon, concombre et la pastèque). La majorité des exploitations sont caractérisées par la dominance de la culture de tomate qui représente 41 %. Le reste de la superficie est occupée par le melon 34,4 %, le concombre 15,6 % et la pastèque 8,8 %. Le choix de la culture est attribué à la demande du marché et dans plusieurs cas au niveau de la tolérance aux maladies telluriques et à la salinité. Pour certains agriculteurs qui ont des problèmes au niveau de la disponibilité de main d'œuvre, les techniques de la conduite de la culture contribuent au choix de la culture. En effet, les cultures de pastèque, de concombre et de melon nécessitent un nombre de jours de travail relativement plus faible que celui demandé par la culture de tomate qui nécessite des interventions fréquentes pour maîtriser sa conduite culturale : Effeuillement, palissage, traitement phytosanitaire, fertirrigation, récolte échelonné...

### **5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

L'évaluation de la situation actuelle de l'exploitation des eaux géothermiques pour le chauffage et l'irrigation des cultures sous serres dans la région de Kébili a révélé les conditions difficiles de production que confronte cette activité agricole. Ces conditions englobent la qualité des eaux géothermiques utilisées en irrigation qui sont fortement chargées en ions salins, à pH alcalin et à pourcentage élevé de sodium échangé avec le complexe adsorbant du sol. Ces conditions de production constituent, certes, une contrainte abiotique. Outre cette contrainte, les cultures géothermiques confrontent une contrainte biotique représentée par leurs attaques par divers agents pathogènes telluriques et aériens. Le niveau d'exploitation de ces ressources naturelles non renouvelables a atteint un niveau très élevé qui menace la durabilité de sa disponibilité. La gestion de cette eau et les techniques de son refroidissement semblent être très limitées et nécessitent d'être améliorées. La prospection de certains projets a permis de montrer que les exploitants enquêtés se trouvent incapables de surmonter, efficacement, ces conditions par un défi de niveau technique ou économique. Ils sont, dans la quasi-totalité des cas non qualifiés. Leur niveau technique est exprimé par une irrigation non efficace, une fertilisation non adaptée au type de la culture et à son stade de croissance et une conduite phytosanitaires inadéquates à l'agent pathogène causal. Confié l'exploitation des eaux géothermiques à des exploitants non qualifiés et ayant des potentiels d'investissement très limités semble la cause principale des difficultés rencontrées au niveau de la production sous serre chauffées et irriguées par ces eaux. En effet, cette activité agricole nécessite l'adaptation des techniques culturales de pointes et la recherche des stratégies pour assurer une gestion raisonnable de ces ressources non renouvelables. Ainsi, pour assurer un développement harmonieux de cette activité agricole des recommandations et des améliorations inhérentes à la conception des projets à la technique et à l'encadrement sont nécessaires. En effet, le dimensionnement actuel des exploitations doit être révisé en déployant un effort supplémentaire au niveau du choix de la taille optimale de l'exploitation pour mieux répondre aux attentes des agriculteurs. Dans ce contexte, les projets à concevoir dans l'avenir devraient répondre davantage à l'impératif d'efficacité économique, tout en tenant compte des objectifs socioéconomiques et l'intégration de ces projets au système productif oasien. Pour cela, des schémas plus intégrés qui combinent les cultures sous serres, les cultures oasiennes et l'élevage semblent offrir plus de chances et de réussite. Egalement, une allocation rationnelle des ressources en eau aux diverses activités et vis-à-vis les différents usagers est fort souhaitable pour mieux gérer les conflits d'intérêt d'usage des eaux géothermales. Par ailleurs, dans le but de réhabiliter le secteur des cultures sous serres chauffées dans cette région un canevas de recommandation relatif à la formation et à la technique doit être pris en compte. Dans ce cadre, un effort est à déployer au niveau de la formation professionnelle des exploitants pour les aider à mieux gérer leurs exploitations pour éviter le gaspillage de l'eau et de la main d'œuvre, à maîtriser davantage le pilotage du chauffage et de l'irrigation, l'entretien du réseau externe et interne avant le démarrage de chaque campagne et les différentes interventions techniques pour la conduite des cultures. De plus, la nécessité d'aménager les pistes pour rendre les exploitations facilement accessibles, le renforcement de la protection de certains périmètres exposés aux vents, l'encouragement des exploitants à adopter des

schémas cultureux plus performants et plus cohérents avec les objectifs d'exportation avec des choix de variétés répondant aux exigences des marchés extérieurs renforce davantage ce secteur. Finalement, il serait judicieux d'instaurer un programme de vulgarisation spécifique à cette activité qui intéresse toutes les opérations culturelles en encourageant la recherche appliquées et faire intéresser les vulgarisateurs et les exploitants dans le cadre d'une approche participative. S'organiser en associations qui veillent à leur intérêts ou/et l'adhésion à des coopératives de services qui devront jouer un rôle prépondérant an amont et en aval de la production, permettraient de développer davantage les cultures sous serres chauffées et irriguées avec les eaux géothermales.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abid M., Qayayum A., Dasti A., et Abdul-Wajid R. (2001). Effet of salinity and SAR of irrigation Water on yield, physiological growth parameters of maize (zea mays L.) and properties of soil. Journal of research (science), Bahouddin Zakariya University, Multan, Pakistan, 12 (1), pp:26-33.
- Belkadhi M.S., Joost V.D., Aoun F. (1993). Effet de l'énergie géothermale et la solarisation du sol sur les nématodes associés aux cultures sous serres chauffées. Revue de régions arides.1/1113, p-p : 91-101.
- Ben Hassine H., Zidi CH., Bouksila F., et Mtemit A. (1996). Les cultures sous serres irriguées par les eaux géothermales dans le Sud tunisien (Tozeur, Kébili, Gabès). Document méthodologiques des données de base (eau et sol) : p 32.
- Hachicha M. (2000). Gestion des sols à risque de salinisation. Cours option sol et environnement – INAT. Tunisie. p : 51
- Haddad M. (2003). Exploitation des eaux géothermiques du sud tunisien pour la culture de tomate. Thèse de doctorat en biologique. Faculté des sciences de Sfax. p-p : 151.
- Mamou A. (1989). Caractéristiques, évaluation et gestion des ressources en eau du Sud tunisien. Thèse de doctorat d'Etat sc. Univ. Paris-Sud, p : 214.
- Tavernier R. (1953). Saline and alkali soils. Agricultural handbook. P: 166



## Gestion intégrée de la fertilité d'un sol salé au sein d'un agro-écosystème oasien: cas de la palmeraie du ksar de Ouargla

Nawel OMEIRI

Université de Ouargla/ Département Agronomie - Route de Ghardaïa, BP 163, Ouargla (30000), Algérie

email: [nawel702001@yahoo.fr](mailto:nawel702001@yahoo.fr)

### RESUME

La palmeraie du ksar de Ouargla fut considérée par le passé comme un des groupes d'oasis les plus prospères du pays grâce aux vieilles pratiques communautaires du système traditionnel traduisant l'ingéniosité et le labeur de l'ancien agriculteur ouargli. Aujourd'hui, l'ensablement, le rabattement de la nappe, la remontée de la nappe phréatique salée mais aussi la perte considérable de la fertilité de ses sols en absence d'une prise en compte suffisante de la spécificité oasienne dans les domaines de la recherche agricole, sont en partie à l'origine de son déclin. Une prise en charge par la mise en œuvre d'une stratégie intégrée visant d'une part à créer les conditions d'ensemble nécessaires à la préservation de la fertilité des sols et à la bonne gestion des ressources naturelles et d'autre part à améliorer les performances du système oasien est devenue aujourd'hui plus qu'urgente.

L'étude que nous proposons s'inscrit dans cette mouvance, elle permet d'examiner les conditions d'évolution du niveau de fertilité du sol dans cet agro-écosystème oasien spécifique et fragile, confronté à une baisse continue de la fertilité des sols et menacé constamment par les risques de salinité à cause des nouvelles pratiques culturales paysannes irrationnelles, non maîtrisées et non adaptées aux conditions agro-écologiques du milieu.

Ceci dit, notre étude vise à fournir des informations utiles s'appuyant sur des bases scientifiques, techniques, économiques et sociales pour finalement dresser un plan d'action permettant par des mesures correctives, de protéger, de maintenir, voire d'améliorer le potentiel de production des sols.

**Mots clés:** l'agro-écosystème oasien, innovations techniques, options d'amélioration, plan de gestion, pratiques culturales paysannes, sol

### SUMMARY

The date grove located in the region of ksar Ouargla is, since the past, considered as one of the most prosperous oasis groups due to the community practices linked to the traditional system characterizing the ingenuity and the labor efforts made by the Ouargli farmer. Currently, the accumulation of sands, the rise of salt water tables and the huge loss of soils fertility and the absence of specificity considerations in the agricultural researches are the main grounds of such decline.

The implementation of an integrated strategy aiming at, the creation of the conditions which are necessary for the preservation of soils fertility and the good management of the natural resources as well as the improvement of the oasis system performance is considered as an emergency. Failure to do so, the future may be darker and we will be just powerless witnesses for detrimental situations. The study, which we are proposing, makes an integral part of such movement having as a purpose the examination of the progress of soils fertility within the oasis weak and fragile agro-ecosystem, which is confronted to continuous soil fertility degradation as well as salinity problems due to the new irrational farming practices. Our study will seek to provide useful information focusing on scientific, technical, economic and social basis in order to draw up a plan of action, which allows recourse to any potential corrective measures aiming at the protection, maintenance and improvement of soils productivity.

**Key words:** Oasis agro-ecosystem, innovation techniques, improvement options, management plan, farming agricultural practices, soil

### 1. INTRODUCTION

Au moment où la conjoncture internationale se traduit par une inflation galopante qui se répercute sur les produits de base et de première nécessité, importés à des prix excessifs qui ne cessent d'augmenter, l'agriculture algérienne, malgré de nombreux remodelages, ne semble pas pouvoir satisfaire une demande en matière de produits agricoles sans cesse croissante sous l'impulsion d'une forte poussée démographique.

Ainsi pour palier aux insuffisances devenues chroniques, la mise en place d'un appareil de production performant et efficace s'impose. Une première solution a consisté à augmenter les superficies emblavées par la mise en culture de terres neuves dans les régions sahariennes, ou bien à tenter d'accroître les rendements des terres déjà cultivées notamment celles des palmeraies par l'introduction de pompage pour la mobilisation des eaux souterraines apparaissant comme une solution intéressante pour les agriculteurs, mais qui malheureusement s'est accompagnée de nouvelles menaces sur la conservation des ressources en eau et du sol, et sur la durabilité des systèmes oasiens. Cette tendance a d'ailleurs parfois engendré un déséquilibre de ces régions fragiles, agressées par une désertification galopante qui a déjà suscité de nombreux cris d'alarme concernant les risques de ces pratiques sur la dégradation physique du milieu édaphique par érosion éolienne, et aussi chimique par épuisement de la fertilité des sols et leur salinité.

Ceci dit, Une exploitation brutale de la palmeraie, sans un minimum de précautions, peut aboutir dans le temps à une élimination quasi-totale de la terre arable, et à une stérilisation complète du sol. Dans ce cas, la dégradation du sol peut être considérée comme irréversible et pratiquement définitive à l'échelle humaine. C'est évidemment un cas extrême, et le plus souvent la baisse de fertilité, résultat de mauvaises pratiques agricoles, est moins spectaculaire et plus progressive.

Ainsi, on peut, désormais se poser cette question : « Se peut-il que des technologies puissent dissimuler l'état de dégradation de ces sols? Avec une baisse de fertilité des sols et leur salinité, que sera l'impact sur les plans socio-économiques et environnementaux? »

De ce point de vue est engagé notre travail réalisé dans l'oasis de Ouargla et dont deux thèmes phares le structurent :

Evaluation des ressources en sols et en eaux de l'espace oasien car à notre sens, seule une connaissance synthétique des composantes naturelles des milieux peut ouvrir la voie à une agriculture rentable et viable utilisant au mieux les ressources biotiques, organiques et minérales de l'environnement.

Gestion optimisée des pratiques agricoles, d'une part en mettant en évidence le lien entre les choix stratégiques de l'agriculteur et les conditions de mise en œuvre de ces pratiques permettant d'utiliser d'une façon rationnelle et effective les ressources édaphiques et hydriques pour une exploitation durable, d'autre part en mettant l'accent sur les règles qui régissent leur organisation et évaluer leur faisabilité et leur pertinence vis à vis des objectifs généraux de l'agriculteur, compte tenu de deux impératifs de première urgence : production maxima et conservation des sols.

## 2. LE TERRAIN D'APPROCHE

Ouargla nommée « la perle du désert » par Ibn Khaldoun dans la basse vallée de l'oued Mya, près des ruines de Sédrata, ancienne capitale des Ibadites, était entre le M'Zab et l'actuel Niger, le point d'eau pérenne, passage obligatoire devenu un marché local où s'échangeaient des marchandises du Nord et du Sud du Sahara. Les bénéficiaires du négoce y étaient investis dans la phœniciculture.

Aujourd'hui, la ville d'Ouargla est située dans une cuvette d'une superficie de 99 000 hectares. Elle est limitée par la sebkha de Safioune au Nord, les dunes de Sedrata au Sud, les ergs Touil et Arifdji à l'Est et le versant Est de la dorsale du M'Zab à l'Ouest

Les coordonnées géographiques de Ouargla sont :

Altitude : 157 m

Latitude : 32°57' Nord

Longitude : 05°20' Est

La cuvette de Ouargla correspond à la basse vallée fossile (quaternaire) de l'oued Mya qui descend en pente douce (1%) du plateau de Tadmaït et se termine à 20km au nord de Ouargla. La vallée atteint alors près de 30km de large. D'ouest en est on distingue quatre ensembles géomorphologiques (Hamdi-Aissa et Girard, 2000):

Le plateau de la Hamada pliocène, à l'ouest. A l'est il est fortement érodé, laissant dans le paysage une série de buttes témoins ou goures

Les glacis, sur le versant ouest de la cuvette.

Le chott et la sebkha constituent le niveau le plus bas. Le bas-fond se caractérise par la présence d'une nappe phréatique permanente, très peu profonde (1 à 5m)

Les dunes, formations éoliennes récentes en petits cordons, occupent l'est et le nord-est d'Ouargla et bordent les sebkhas le long de la vallée de l'Oued Mya.

Le climat d'Ouargla est caractérisé par une aridité bien marquée due à un manque de précipitations (35 mm/an), à un régime thermique très contrasté, à un rayonnement solaire excessif (3233 heures/an) et à un pouvoir évaporant de l'air très élevé (3559.5 mm/an)

Toutes ces caractéristiques peuvent être utilisées pour expliquer certains phénomènes pédogénétiques entre autres : la concentration, l'accumulation et le maintien des sels dans les sols de la région.

Aussi en ce qui concerne les problèmes de salinité l'absence de précipitation en été, provoque non seulement la remontée par capillarité de la nappe phréatique mais encore l'évaporation des eaux de celle-ci avec dépôt de sels, ce qui donne lieu à la formation des croûtes sodiques étendues.

Par ailleurs, si les risques de sécheresse prolongée conduisent à court terme à des périodes de disette, le retour d'années plus favorables ne permet pas toujours la remontée biologique du milieu naturel. En effet, les fluctuations périodiques de la pluviosité ont toujours existé et ne peuvent expliquer seules la baisse actuelle générale des potentialités du milieu naturel à Ouargla.

La pression sans cesse croissante sur des terres utilisées sans discernement est à l'origine de la situation actuelle.

### 3. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Partant des éléments de réflexion exprimés en introduction et dans le sens de la définition d'une approche de lutte contre la dégradation des sols de l'oasis de Ouargla, nous avons fixé comme termes de référence à cette étude les objectifs suivants:

- Elaboration d'un schéma directeur pour la définition d'une approche de lutte contre la dégradation des sols dans un agro- écosystème oasien
- Diagnostic participatif sur les contraintes liées à la dégradation du sol en termes de la baisse du niveau de fertilité et de l'aggravation du phénomène de salinisation. En outre ce processus participatif avec les paysans va nous permettre ensemble de choisir les meilleures options.
- Tracé d'une trajectoire évolutive dans le temps des niveaux de fertilité et de salinité des sols
- Analyse des pratiques culturelles paysannes (modes de conduite et de gestion) et leur impact sur l'environnement édaphique
- Caractérisation analytique du niveau de fertilité et de salinité des sols oasiens portant sur les aspects physiques, chimiques et biologiques
- Détermination des relations fondamentales :
  - relation pratiques culturelles – salinité
  - relation pratiques culturelles – fertilité
  - relation salinité – fertilité du sol.

Pour répondre aux objectifs fixés par ces TdR, nous avons adopté une approche systémique, interactive et participative ayant trait à la démarche Recherche Agricole orientée vers le Développement « RAD » proposée par le centre international de la recherche agricole orientée vers le développement

Ceci dit la méthodologie suivie pour la réalisation de ce travail s'est basée sur quatre (4) principales phases:

Phase I : recherche et exploitation documentaire de base qui a porté sur :

des informations générales sur l'oasis de Ouargla et les travaux qui y sont réalisés

concepts de base sur les mots clefs de l'étude à savoir : l'agro -écosystème oasien, la salinité, la fertilité, les pratiques culturelles paysannes, les options d'amélioration.

Phase II: Exploration du milieu par un diagnostic participatif sur les contraintes liées à la dégradation de l'environnement édaphique moyennant une enquête participative basée sur les outils de la MARP (focus group, carte participative des ressources, diagramme de venn...)

Ainsi, dans cette étape nous nous sommes organisés pour analyser avec les agriculteurs et les acteurs concernés, la situation qui leur est soumise et de là présenter nos conclusions en terme d'options réalistes de recherche orientée vers le développement

Cette étape nous a permis en plus de recueillir des informations sur les réalités de l'organisation des exploitations traditionnelles oasiennes et les pratiques paysannes.

Durant cette phase on a programmé aussi :

le choix des sites d'intervention de l'étude basé sur le critère du niveau de dégradation du sol défini par rapport à l'état physique des jardins et le niveau statique de la nappe phréatique. Ainsi sont retenues trois stations représentée chacune par trois jardins : la première présente un état de sol très dégradé c'est-à-dire où le niveau de la nappe est élevé et les eaux affleurent à la surface, la deuxième moyennement dégradé avec un niveau de la nappe moyennement profond et la dernière avec un sol de bon état qui n'est pas soumis à l'action de la nappe qu'est dans ce cas très profonde

une description morphologique des profils type réalisés dans les sols des trois stations

prélèvement au niveau de chaque jardin et le long des profils réalisés suivant les différents horizons, des échantillons de sol pour analyse au laboratoire. De même pour apprécier la qualité chimique de ces eaux, nous avons disposé d'un échantillon prélevé de la nappe phréatique et trois autres prélevés des forages irrigant les jardins de chaque station

Les informations recueillies sur terrain sont complétées par une autre enquête supplémentaire auprès des structures d'amont.

Phase III : Expérimentation traduite par une caractérisation analytique par des méthodes classiques d'analyse, du niveau de salinité et de fertilité du sol par rapport à :

l'aspect physique : granulométrie, calcaire total, le gypse

l'aspect chimique : la réaction du sol (pH), CE, détermination des sels solubles (chlorures, sulfates, carbonates et bicarbonates), détermination des bases échangeables (Na, K, Ca et Mg) et la capacité d'échange cationique (CEC), les éléments fertilisants (phosphore (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potassium (K<sub>2</sub>O)

l'aspect biologique : le taux de la matière organique (M.O%), carbone, azote, C/N, la biomasse microbienne du sol

Phase IV : Développement

A l'issue des observations effectuées sur terrain, les propos recueillis à travers les entretiens réalisés auprès d'un groupe d'agriculteurs, les informations collectées au niveau des différentes institutions de recherche et de développement, nous avons constitué une idée générale sur la situation actuelle et nous avons procédé **en premier lieu à une analyse globale de la situation**

Les résultats analytiques des sols obtenus nous ont permis **en second lieu d'approfondir l'analyse des données** en se basant sur une approche comparative des résultats des trois situations et en s'accentuant sur :

- Une lecture et commentaire de l'état actuel du sol en termes de salinité et fertilité
- Le tracé de la dynamique d'évolution de salinité et de fertilité du sol
- Une analyse des pratiques culturales des agriculteurs (irrigation, fertilisation, travaux du sol) et leur impact sur le sol :

\*relation pratiques culturales– salinité

\*relation pratiques culturales– fertilité

\*relation salinité – fertilité

L'interprétation des données s'est appuyée sur une simulation de cas tirée à partir des travaux de recherche réalisés dans des conditions se rapprochant des conditions du milieu de notre étude et qui nous ont permis aussi **en dernier lieu d'élaborer un plan d'action pour la gestion intégrée de la fertilité des sols oasiens et la définition d'une approche de lutte contre leur dégradation** en proposant le paquet technologique adéquat aux conditions agro – écologiques et en mettant en évidence les dispositions et les mesures nécessaires à prendre pour la réussite de ce plan qui suppose une évaluation environnementale et une étude de l'environnement socio-économique et l'environnement institutionnel

#### 4. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats exprimés dans le cadre de cet article porteront sur les relations fondamentales que nous avons mises en évidence entre les pratiques agricoles paysannes et les paramètres édaphiques ayant trait d'une part à la salinité du sol et d'autre part à sa fertilité

##### 4.1- Relation pratiques culturales – salinité

A cause d'une mauvaise gestion des pratiques agricoles de plus en plus performantes mises au point en principe pour régulariser et augmenter les rendements des cultures, les milieux naturels subissent des transformations profondes se traduisant par la dégradation des ressources naturelles notamment les

sols et les eaux.

L'irrigation est une de ces pratiques. En effet, la qualité des eaux d'irrigation provoque des modifications sur les propriétés du sol et le comportement des cultures. C'est ainsi, qu'une eau chargée en sels influe sur le complexe adsorbant et la solution du sol, par l'apport d'ions qui vont sensiblement augmenter la pression osmotique et avoir une incidence sur l'alimentation et le développement des cultures.

En effet, un apport d'eau d'irrigation a pour conséquence un apport de sels. L'eau d'irrigation même d'une bonne qualité est une source majeure de sels solubles (VAN HOORN et VAN ALPHEN, 1998). Souvent il arrive qu'en essayant de réduire la salinité d'un sol sous irrigation par des apports excessifs d'eau et une surestimation de la fraction de lessivage, on augmentera le risque de stagnation d'eau et des conditions trop humides pour les plantes tout autant que pour le sol. Ces conséquences sont encore plus graves en cas de présence d'une table d'eau peu profonde, qui alimentée par les eaux excédentaires perdues par percolation augmentera de son niveau jusqu'à parfois affleurement à la surface favorisant ainsi une remontée capillaire de la nappe généralement salée, et par conséquent un engorgement du sol et une accumulation saline correspondant à des problèmes d'hydromorphie et d'halomorphie qui ne sont guère favorables pour les cultures.

Les sols de nos stations d'étude illustrent parfaitement ces états de faits dans le sens où une comparaison entre les résultats recueillis dans ces différentes stations nous permet de constater qu'il y a effectivement un parallélisme négatif entre l'irrigation non maîtrisée et le niveau de salinité.

Ainsi, les sols de la station 1 qui marquent les plus grandes valeurs de la C.E et de SAR notamment en surface (une CE de 25.34dS/m pour un SAR de 28.55) sont ceux soumis à l'action d'une nappe phréatique très chargée et qu'est en réalité, constamment alimentée par les eaux salées d'une irrigation irrationnelle en absence par-dessus là d'un système de drainage performant et de toutes autres opérations visant, l'assainissement de ces terrains et la protection du milieu, ce qui fait on se retrouve dans l'état actuel devant de gros problèmes édaphiques liés à la perméabilité, à la salinité et l'alcalinité (problème d'halomorphie) et à l'engorgement (problème d'hydromorphie) de ces sols et donc la portance qu'est là aussi considérablement diminuée. Lorsque la saturation en eau affecte durablement les premiers horizons du sol, les itinéraires techniques sont affectés, les travaux agricoles deviennent difficiles à réaliser d'où la nécessité du drainage tant horizontal que vertical au début. Par la suite, quand le niveau phréatique s'abaisse, on peut se dispenser du drainage horizontal et garder le drainage vertical de manière à abaisser ou maintenir la nappe au dessous du seuil minimum (ELGABALY, 1970)

La situation inverse se rencontre dans les jardins de la station 3 où la conductivité électrique des sols ne dépasse pas, les 4.42 dS/m. Ces sols sont caractérisés non seulement par un bon drainage naturel mais aussi par une bonne gestion des pratiques culturales via des travaux hydrotechniques d'amélioration foncière (irrigation raisonnée, lessivage, sablage, ...), conjugués avec des mesures agrochimiques et biologiques (apport d'amendements et de matière organique) permettant le maintien d'un niveau de salinité tolérable pour la plupart des cultures oasisiennes.

Les sols de la deuxième station expriment la situation médium de dégradation avec un niveau de salinité assez prononcé (6.2 dS/m) et dont les causes peuvent être attribuées principalement aux eaux d'irrigation médiocres (salées et sodiques) appliquées sans considérer la dose de lessivage et ceci à cause du problème de manque d'eau dans cette station.

Le manque d'eau a des conséquences sur les plantes mais affecte aussi les sols. Les ions libérés en solution, lors des périodes humides ne sont pas évacués vers le bas car il n'y a pas de drainage profond. Ils se concentrent sur place, précipitent sous forme de sels qui s'accumulent année après année.

Et puis en absence de toutes mesures pour corriger ce déséquilibre par des amendements calcaïques et/ou organiques, des travaux de conservation des sols et des eaux, le phénomène de salinisation ne peut que s'aggraver

En somme, le niveau de salinité du sol dépend donc de la percolation nette et des concentrations en sels de l'eau d'irrigation et de l'eau capillaire du sous-sol notamment en période de jachère (VAN HOORN et VAN ALPHEN, 1998).

L'intensité des phénomènes d'accumulation que les sels subissent dépendra évidemment, de la qualité de l'eau utilisée, des techniques d'irrigation adoptées et de l'efficacité des systèmes de drainage utilisés.

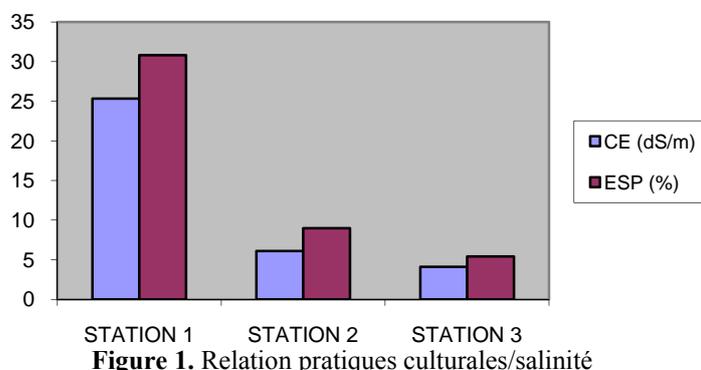


Figure 1. Relation pratiques culturelles/salinité

#### 4.2- Relation pratiques culturelles – fertilité

L'agriculture oasienne a toujours été caractérisée comme une agriculture minière en ce sens qu'elle prélève du sol, chaque année plusieurs d'éléments nutritifs qu'elle n'en retourne au sol.

Le bas niveau de la fertilité naturelle et la faible utilisation des engrais sont les principales raisons pour lesquelles les sols de l'espace oasien produisent bien en dessous de leur pouvoir potentiel.

La culture continue sans recyclage des résidus de récolte se traduit par une baisse rapide du niveau de matière organique dans les sols, un lessivage des bases.

Traditionnellement, les paysans de l'oasis, restauraient la fertilité de leur sol par la pratique de la jachère, mais la pression démographique actuelle ne permet plus cette pratique et on assiste à une accélération de la mise en culture de certaines terres marginales. Aussi, la pauvreté force les agriculteurs à utiliser la même parcelle sans qu'ils investissent dans la fertilisation. Ceci a des conséquences désastreuses sur l'environnement, notamment à cause de la dégradation continue des sols sur les plans physique, chimique et biologique traduite par les problèmes d'érosion éolienne, des faibles potentialités nutritives et microbiologiques.

Les résultats recueillis dans les sols de notre aire d'étude indiquent que l'oasis de Ouargla n'échappe pas à ces règles. Les données acquises sont, à cet égard très significatives:

Comparativement aux sols des stations 1 et station 2, les sols de la station 3 présentent les meilleurs niveaux de fertilité physique avec une composition granulométrique équilibrée, une capacité de rétention bien meilleure que celle des sols des autres stations, un ESP faible ne causant aucun risque de sodicité et donc de déstabilisation de la structure. Ces sols se caractérisent également sur le plan chimique par des teneurs en éléments nutritifs majeurs (N, P, K) et en oligoéléments appréciables si on les compare aux sols des autres stations. Sauf qu'on le remarque bien les taux de la matière organique ainsi que ceux du carbone, sont relativement faibles même par rapport aux sols des autres stations, ce qui implique un rapport C/N souvent faible, nous indiquant donc une grande vitesse de minéralisation de la matière organique apportée à ces sols.

L'eau est primordiale pour la faune du sol. On peut classer la faune du sol suivant son aptitude à vivre dans des conditions différentes d'humidité. Entre manque d'eau et son excès, la gamme des possibilités est large.

Plus que la teneur en eau, c'est sa disponibilité pour la faune qui est importante (MUSTIN, 1987). Cette disponibilité est mesurée par l'énergie de rétention de l'eau dans le sol, traduite par le potentiel capillaire (pF), qui est l'expression en logarithme d'une force d'extraction de

l'eau exprimée usuellement en gramme par centimètre carré ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ). Notons que d'après BACHELIER (1971) il existe une relation entre le pF et l'humidité relative du sol (h) :  $\text{pF} = 6.5 + \log_{10} (2 - \log_{10} h)$

Ce qui fait qu'à pF 4.5, l'humidité relative est théoriquement de 98%, à pF 5.5 elle est encore de 80% et il faut considérer des sols désertiques pour atteindre un pF de 6 correspondant à seulement 50% d'humidité relative ; valeur que PIERRE (1958) a trouvé dans les dunes du Sahara en saison chaude à 50 cm de profondeur.

C'est justement pour ces raisons que les sols de la station 2 et encore plus les sols de la station 1 ont dû perdre de leurs potentialités microbiologiques et de là de leurs aptitudes physico-chimiques. Ces sols en absence de bonnes pratiques culturales adaptées à leur contexte agro-écologique sont désormais caractérisés par un niveau de fertilité très bas. Ainsi pour les sols de la station 1 les problèmes de l'hydromorphie et d'halomorphie causés comme on l'a déjà mentionné par la non maîtrise de l'irrigation et l'absence d'un drainage naturel et artificiel performant ont causé à leur tour la régression de l'activité microbienne. En effet sur le plan biochimique, la saturation d'un sol, notamment par submersion entraîne d'abord le développement de populations microbiennes aérobies qui en se multipliant, consomment rapidement l'oxygène disponible ; le milieu devient de plus en plus anoxique, le potentiel d'oxydo-réduction décroît, il y a alors développement de bactéries anaérobies facultatives puis strictes qui utilisent et donc réduisent divers composés minéraux entre autres principalement les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), le manganèse ( $\text{Mn}^{4+}$ ), le fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^-$ ) et le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) ; c'est ainsi que ARNON (1972) a fait remarquer que certains groupes de microorganismes dénitrificateurs sont actifs dans les sols alcalins et mal drainés. Mais globalement, l'hydromorphie à cause du fort déficit en oxygène et l'halomorphie inhibent la minéralisation de la matière organique, laquelle tend à s'accumuler (DUCHAUFOR, 2001) et c'est ce qui explique les valeurs de la M.O supérieures par rapport aux autres des sols de la station 2 et ceux de la station 3 sans pour autant que ces sols soient enrichis des autres éléments nutritifs (éléments majeurs et éléments traces). Donc la teneur relativement élevée de la matière organique dans les sols de la première station (dégradée) par rapport aux sols des autres stations peut être liée à une vitesse de minéralisation faible due à des conditions défavorables à l'activité des microorganismes. Pour les sols de la station 2 le manque d'eau d'irrigation affecte aussi la matière organique du sol qui disparaît par minéralisation sans qu'un retour de carbone soit assuré par la transformation de résidus végétaux nouveaux. La terre perd aussi son eau résiduelle constituant un puissant ciment entre les particules solides. Privés de matière organique et d'eau, les agrégats terreux perdent toute cohésion et se décomposent en particules élémentaires de sable et limon. Le sol devient alors très sensible à l'érosion éolienne qui emporte les particules fines en laissant sur place, sables et cailloux.

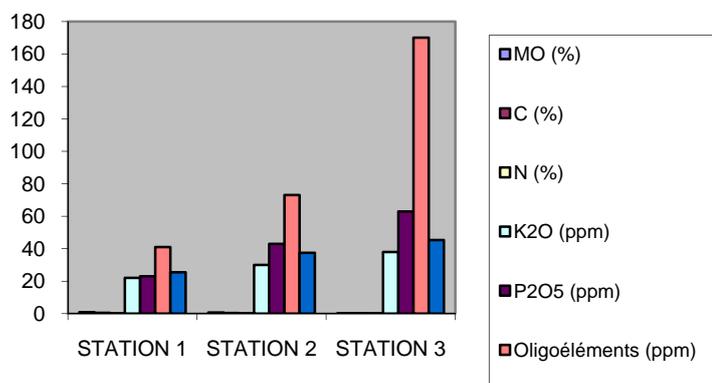


Figure 2. Relation pratiques culturales/fertilité

### 4.3- Relation salinité – fertilité

Afin de confirmer les unes et autres hypothèses émises dans notre analyse portant sur l'impact des pratiques culturales sur l'évolution de la salinité et sur les niveaux de fertilité physique, chimique et biologique des sols, nous avons essayé d'établir sur la base des données moyennes, une relation empirique entre la salinité globale (C.E) et la fertilité exprimée par les valeurs des réserves nutritives organiques (M.O, N total, C total), celles des éléments minéraux majeurs (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) et celles des éléments traces.

Ainsi peut-on dégager les observations suivantes :

- Plus la concentration saline est élevée plus le taux de matière organique est grand : il existe en effet, des antagonismes certains entre la minéralisation de la matière organique et sels. L'ion Na<sup>+</sup> en excès inhibe l'humification et la minéralisation de la matière organique

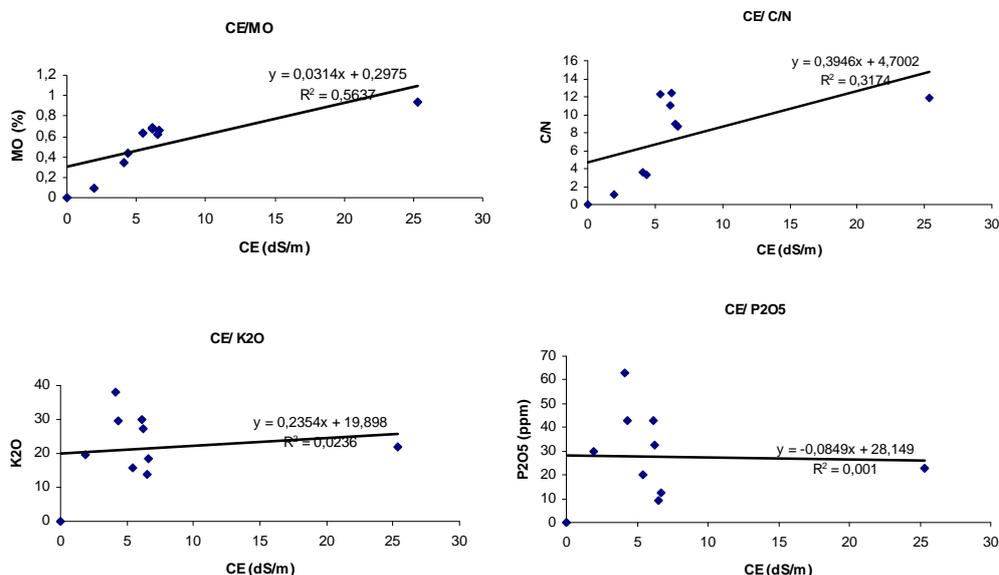
Dans ce sens les travaux de GALLALI (1980), MALLOUHI et JACQUIN (1986) portant sur l'influence de la salinité sur le turn-over des matières organiques ont démontré que la garniture ionique des sols salés et les propriétés physiques qui en résultent influencent considérablement le rythme de biodégradation des matières organiques (minéralisation de l'azote et du carbone...) et réduisent les processus de leur humification en produisant ainsi des substances peu polymérisées responsables de la relative instabilité de la structure des sols des zones arides.

- l'augmentation de la C.E affecte l'activité biologique et de conséquence la réserve minérale des sols qui évolue dans le sens inverse de la CE. Autrement dit plus la CE augmente, moins seront représentés les éléments minéraux majeurs ainsi que les oligoéléments.

En somme, les facteurs qui déterminent l'interaction salinité- fertilité sont encore mal connus.

Par ailleurs, il a été démontré par d'autres travaux que l'apport de la matière organique améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols salés. En effet sur le plan physique il a été montré que la fraction humifiée favorise le lessivage des sels solubles et permet ainsi de limiter l'adsorption du sodium et la diminution du rapport Na/T. De même HENIN et al (1969) ont démontré qu'au cours de la minéralisation de la matière organique, on note une libération dans le sol des nitrates, des carbonates et des sulfates, qui sont autant d'électrolytes permettant d'entraîner le sodium soluble. Enfin, selon MALLOUHI (1982), l'apport de la matière organique dans les sols salés fait diminuer les principaux paramètres physico-chimiques de la salinité à savoir le pH, le SAR et l'ESP

Il est à noter également que la présence du gypse sous la forme poudreuse, permet, par une application correcte d'irrigation, d'améliorer la productivité des sols. En effet, des récoltes telles que la luzerne, raisin, abricot et autres donnent une bonne production dans de tels sols à forte teneur en gypse (FAO, 1990). Aussi, le gypse joue en général dans la plupart des milieux salés le rôle précieux d'antitoxique puisqu'il entrave la formation du « salant noir » le carbonate de soude (Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub>) qui est un des éléments chimiques les plus toxiques (GAUCHER, 1948).



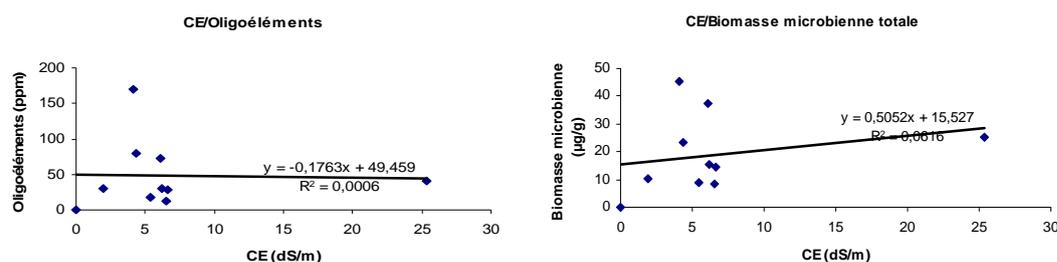


Figure 3. Relations fondamentales salinité/paramètres de fertilité

## 5. CONCLUSION

Le diagnostic de la situation des systèmes de cultures traditionnels ainsi établi à travers cette étude dans l'oasis de Ouargla et qui a porté notamment sur la fertilité des sols réputés de « salés », nous a permis entre autres de bien évaluer l'impact des pratiques culturales sur la durabilité de la composante édaphique et ceci en identifiant les relations fondamentales exprimant l'état actuel de ces sols en termes de salinité et de fertilité.

Cela dit, une approche intégrée de la fertilité doit être adoptée pour mieux gérer les sols et ses éléments nutritifs. Cette approche consiste à augmenter les nutriments assimilables par les plantes, par une meilleure gestion des cycles d'éléments nutritifs, afin d'augmenter leur disponibilité dans les champs. Cela est possible grâce à une conservation et une utilisation efficace des sources locales disponibles (par exemple les réserves de nutriments dans le sol, les résidus culturaux et le fumier), mais aussi grâce à une importation judicieuse d'apports exogènes, ainsi qu'aux processus naturels de régénération des éléments nutritifs telle que la fixation de l'azote. Certains de ces objectifs peuvent être atteints grâce à une bonne utilisation des cultures et des systèmes culturaux. Le principe fondamental est de mobiliser toutes les sources disponibles et accessibles de nutriments nécessaires aux cultures en rentabilisant le travail et le capital investis, afin d'optimiser la productivité des systèmes agricoles et leur rentabilité chez l'agriculteur. Les moyens d'atteindre cet objectif doivent être, non seulement faisables, mais aussi acceptables sur le plan économique, et social au niveau de l'exploitation familiale.

En outre, au-delà de sa finalité agronomique, cette gestion doit également veiller à minimiser les incidences possibles sur l'environnement des pratiques mises en œuvre.

Cela suppose la nécessité d'un meilleur dialogue entre les spécialistes des différentes branches de la science agronomique. Seule leur collaboration permet de déboucher sur des applications pratiques intégrant les résultats de la recherche et aboutissant à des informations opérationnelles sur la conduite d'une agriculture rentable, rationnelle et durable. On ne doit ignorer rien des relations complexes entre l'eau, le sol et la plante. Sur cette base on peut donc établir un modèle d'exploitation qui optimise l'utilisation des sols et de l'eau, le choix des cultures et des techniques culturales. En somme, connaître son sol, agir sur sa structure, raisonner sa fertilisation et maîtriser son irrigation constituent indéniablement les éléments clef pour une fertilité durable des sols.

## Remerciements

*Pour leur disponibilité et leur accueil chaleureux, l'auteur exprime toute sa reconnaissance aux agriculteurs de l'oasis de Ouargla. Cette étude n'aurait bien entendu pas pu être réalisée sans leur franche collaboration. Leur dévouement, leur disponibilité et leur sollicitude nous ont énormément aidés ; qu'ils soient assurés de notre réelle gratitude.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARNON I. (1972). Crop production in dry regions. Volt I Leonard Hill, London, 650p.
- BACHELIER G. (1971). La vie animale dans les sols. In: La vie dans les sols, aspects nouveaux, études expérimentales, édit Gauthier Villars, Paris, pp. 1-43.
- DUCHAUFOR PH. (2001). Introduction à la science du sol, 6<sup>ème</sup> édition, DUNOD, Paris, 331p.
- EL GABALY M. (1970) . Restauration et aménagement des sols salins. Bul. d'irrigation. et drainage n° 7, FAO, Rome, p 57-89.

- FAO. (1990). Management of gypsiferous soils, soils Bull, n° 62, Rome, 81p.
- GALLALI T. (1980) . Transfert sels- matière organique en zones arides méditerranéennes, Thèse Doct., INPL, Nancy, 202p.
- GAUCHER G. (1948). Irrigation et mise en valeur du Tafilalet, travaux de recherches sahariennes, Tome V, 120p.
- HAMDI AISSA B, GIRARD MC. (2000). Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages, revue Sécheresse, vol.11 (3), pp 179-188.
- HENIN S, GRAS R, MONNIER G. (1969) . Le profil cultural. Etat physique du sol et ses conséquences agronomiques, édit Masson, Paris, 321p.
- MALLOUHI N. (1982). Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur l'évolution de la matière organique, Thèse Doct, INPL, Nancy, 127p.
- MALLOUHI N. JACQUIN F. (1986). Influence of certain ions on the biological properties of a salt enriched pelosol, Agrokémia es Talajtan, Tome 35 n° 1-2, pp 105-111.
- MUSTIN M. (1987) . Le compost. Gestion de la matière organique, édit François DUBUSC, Paris, 954p.
- PIERRE F. (1958). Ecologie et peuplement entomologique des sables vifs du Sahara Nord – Occidental. CNRS, Publ. Centre Rech. Sahar., série Biol n° 1, 333p.
- VAN HOORN JW, VAN ALPHEN JG. (1998). Maîtrise de la salinité, bilan de sels et besoins de lessivage des sols irrigués, Cours d'irrigation, IAM/Bari, 95p.

## Date palm root system development: root system distribution

A. Jrad, M. Ben Salah  
Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie  
E-mail : jradamira@yahoo.fr, bensalah@hotmail.com

### SUMMARY

The root architecture is the space configuration of the system in the ground. It can be determined by the topological development of the root system (nature and the relative position of the different axis). Root topological structure shows high variability resulting from genotypic and environmental factors. The aim of this study was the observation of the development of the root system date palm and its distribution in the ground. In this study we interested only in the statistical study during juvenile and adult phase. The geometrical distribution of various axes and the root biomass were determined. The observations were carried out by using a frontal and side profile. The results showed an unequal distribution between different axes in the various horizons of ground. In fact the distribution of the biomass of various root types in the different area proves a great variability.

**Key-words:** *Phoenix dactylifera*L., Root, architecture, distribution, biomass, profile.

### RESUME

L'architecture racinaire c'est la configuration spatiale du système dans le sol. Elle peut être déterminée par le développement topologique du système racinaire (nature et la position relative de différentes axe). La structure topologique de racine montre une forte variabilité résultant des facteurs génotypiques et environnementaux. L'objectif de cette étude est l'observation du développement du système racinaire du palmier dattier et de sa distribution dans le sol. Dans cette étude nous intéressons uniquement à l'approche statistique pendant la phase juvénile et d'adulte du plante. La distribution géométrique de diverses axes et la biomasse de racine ont été déterminées. Les observations ont été effectuées en utilisant un profil frontal et latéral. Les résultats ont montré une distribution inégale entre différentes horizons de la terre. Ainsi, la distribution de la biomasse de différents types racinaire présent dans les les trois zones du fausse montre une grande variabilité.

**Mots clés :** *Phoenix dactylifera* L., racine, architecture, distribution, biomasse, profil

### 1. INTRODUCTION

The date palms (*Phoenix dactylifera* L.), is a perennial plant domesticated and cultivated for a long time (Terral et al., 2008). The date palms constitute in fact, the pivot of the ecosystem oasis in the Saharan areas.

In Tunisia, the cultivation of this plant is exclusively practiced in the southern regions. It plays a significant role in the socio-economical stability of the agro-system oases (Aberlenc-Bertossi, 2012). Many studies were made on the palm tree and the production of dates. However, knowledge concerning the root system of the date palm is very limited. Indeed, little information is available concerning its root structure e.i: the growth of the roots, ramification and mode of distribution in space. That is probably due to the difficulty of the observation and the collection of precise and coherent information concerning the underground part.

The analysis of the root system raises several questions such as the comprehension of their architecture, of their mode of development and their speed of growth. In this work, we study the architecture of the youthful date palm root system (of roots development in space and time), as well for the crop plants in seedbed as those which pushed spontaneously on the level of the oasis of Chott El Ferikh.

### 2. MATERIAL AND METHODS

#### 2.1. Planting material, study site and climate

The date palm, *Phoenix dactylifera*, L. is a perennial monocotyledon plant, that originated in the Mediterranean region (Terral et al., 2008). It is a thermophilic plant which requires, for its growth and the production of date, of the high temperature (30 to 40°C), high luminosity, and of great quantity of water (Baaziz, 2008).

Our study was conducted in the Experimental station of Arid Lands Institute of Gabes, in the oasis of Chott El Ferikh, where the arid climate; heat in summer and soft in winter (90 to 230 mm) and the temperatures reach 32,5°C in august (Kouki et Bouhaouach, 2009).

## 2.2. Seed germination

Before germination, the palm seeds were soaked in water during 48h then cleaned, then they were disinfected during 48h in bleach 12° and in end they were put at the germination in an incubator at 28°C.

## 2.3. Transplanting seedlings

Two weeks after the germination, the seeds germinated were transferred carefully in polythene bags 10 cm in diameter and 30 cm in length. They are filled with a mixture of agricultural land and quarry sand. Thus, at the end of the planting, the seeds are sprinkled slightly and regularly by the water.

## 2.4. Architectural analysis

Eight weeks after germination, the seedlings were extracted from the polyethylene bags and were rinsed with water. The architectural analysis of the root system is based primarily on the observation; it can be defined by the type and relative position of the different axes making it up (Jourdon and Rey, 1997). Thus, drawings illustrating the morphology and the distribution of the side roots carried by the radicle were taken for the various samples. The identification of different types is made according to simple morphological criteria: the diameter and length of the roots.

During these studies, we also determined some biometrical parameters criteria: diameter at the base, inter-lateral lengths and direction of growth.

## 2.5. The root biomass

Initially, we began by studying the root biomass and taking measurements. These observations were carried out by carrying out a frontal and side profile by digging a pit "Voronoi" and by taking the roots. And after, an operation of sifting and rinsing to water took place, in order to not damage the roots. This operation makes it possible to get rid of the remains and seeds of sand which firmly remain hung to the root after air drying, the roots extracted were sorted according to the class of diameter. Finally they were dried in a oven at constant temperature equal to 60° and were weighed.

## 2.6. The geometrical distribution of the roots

For the study of the roots distribution the frontal profile was carried out using a grid of 1 m on side divided into elementary squares of 10 cm side, to calculate the number of the roots by elementary square, to know their nature (young roots, in growth, died...), their direction of growth and their diameter.

## 3. RESULT

### 3.1. Description of the root system

The radicle is downwardly oriented it makes it growth during the first month of development with a maximum length which does not exceed 40 cm and an average diameter of 1.48 mm ( $\pm 0,14$ ). Indeed, during germination, the radicle pushes with a diameter of about 2,5 mm then it becomes increasingly fine worm the apex 1 mm (Fig. 1). This light reduction is due primarily to the genetic expression (endogenous processes). Indeed, the radicle plays the role of anchoring on the ground; the reduction in its diameter thus increases enormously the probability of being inserted much more in the substrate.

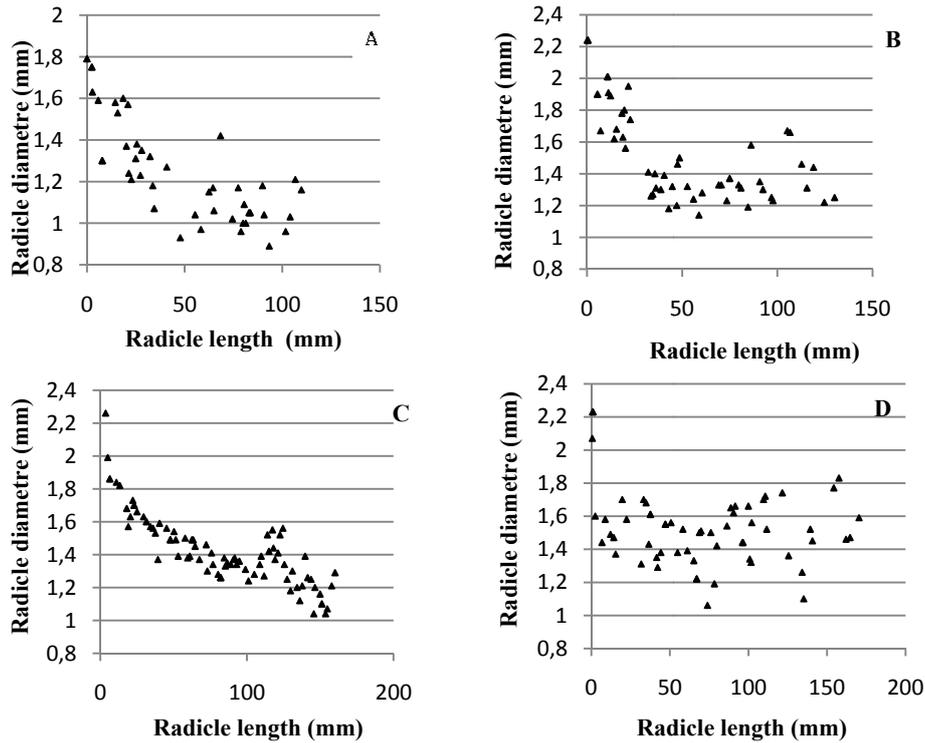
The growth of diameter is practically nil during time. Thus, some is the length of the studied radicle, the diameter at the base is almost constant it lies between 1 and 3.55 mm, with an average of 2,2 mm ( $\pm 0,5$ ) (Fig. 2).

In his basal part, it notices the appearance of the longest roots on the same level of insertion. They emergent in the surrounding of the radicle with a low number. These roots develop initially with different lengths which exceed 10cm. Their diameters lie between 0.5 and 0.9 mm. They bear two types of roots: "medium" and "short" (Fig. 3).

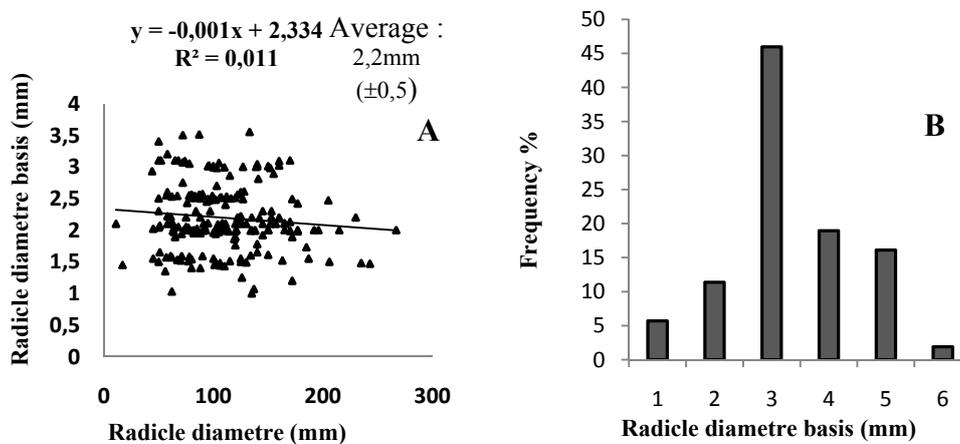
On the branched system, the medium and short roots emerge with a significant density, Their diameters are very variable, they lie between 0,1 and 0,3 mm for the short roots and between 0.3 and 0.5 mm for the medium laterals roots (Fig. 3).

For the seedlings of 1 year, the primary roots are growth in all the direction on the basal part of the foliar bulb. They resemble enormously in their structures to the radicle with a larger diameter, which varies according to the stage of the development of the plant. It is generally about 4. 5mm.

At this stage, the radicle becomes dark brown color it is generally cut, dried and stripped its external membrane, it becomes not functional.



**Figure 1.** Evolution of the diameter of the radicle according to its length. (A): 37 days, (B): 55days, (C) 64 days and (D): 89 days after la germination



**Figure 2.** (A) Evolution of the basal diameter of the radicle during young phasis. (B): diagram of the radicle diameter

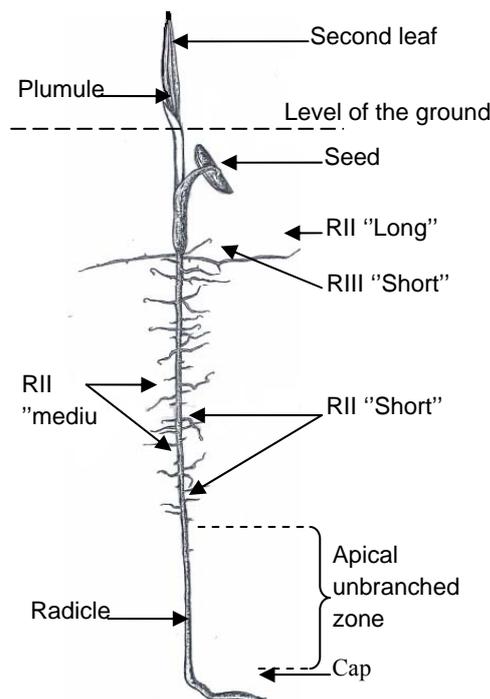


Figure 3. Root system of the date palm seedling, 64 days after germination

### 3.2. Branhing process of the radicle

The distribution of distance between two lateral roots showed that there is a great variability within the radicle and also between the various studied specimens. This variability is more marked for the oldest plants. However, it is clear that the most frequent distance from inter-ramifications belongs to the smallest intervals which do not exceed 2,5mm and the minimum distance between two lateral roots was 0.3 mm (Fig. 4).

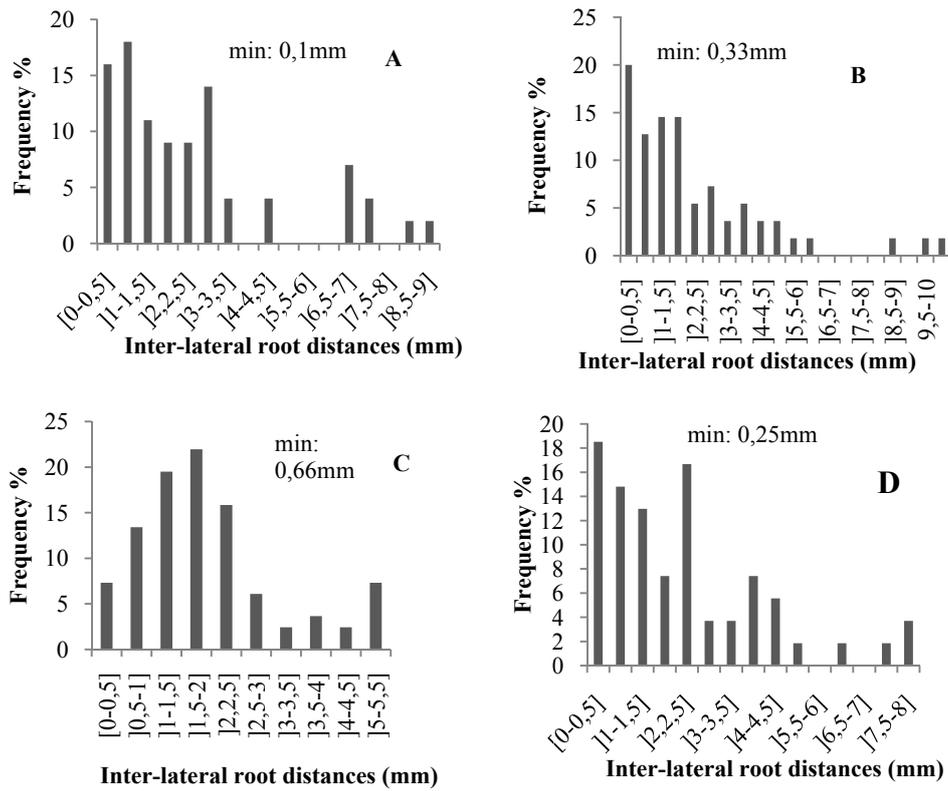
Nevertheless, it notice, within each sample, the presence of two or three roots inserted on the same level which emergent in the various directions in the surrounding of the radicle. This distribution shows that the secondary roots carried by the radicle are very tight; they quickly appear with a number very high at a very short distance.

In three months, the plant develops the lateral roots with an average distance of ramification equal to 2,33mm ( $\pm 0.34$ ) and an average density of ramification equal to 0.37 roots per mm of radicle ( $\square \pm 0.08$ ) i.e. 3.7 roots per cm of radicle (Table 1).

The average length between two secondary roots ranges by the radicle during the youthful stages of development remains stable in the course of time (Table 1).

Three types of the lateral roots are present on the radicle: "long", "medium" and "short" roots with variable proportions (Fig. 3 and 5).

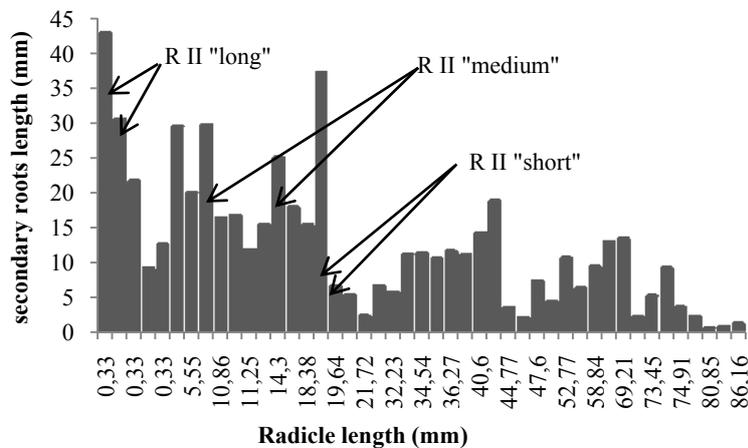
The longest roots are located in the first millimeters of the base of the radicle, the first push in the same level of insertion some time one finds them spaced to other of 0,6mm ( $\pm 0.33$ ). However, it notes the presence of the small roots known as "short" inserted between the secondary roots so-called "medium". These roots are distributed on the entire radicle, except for an apical unbranched zone which presents the zone of root elongation. Thus, this distribution gives to the root system young date palm a acropetal structure (Fig. 5).



**Figure 4.** Diagram of inter-lateral root distances on date palm radicle. (A) 37 days, (B) 55 days, (C) 64 days and (D) 89days after germination.

**Table 1.** Evolution of the inter-lateral distances of the secondary roots during time (day)

RII carried by the radicle	37	55	64	82	89	Moyenne	Ecartype
Average (mm)	2,44	2,28	1,95	2,14	2,84	2,33	0,34
Ecartype (mm)	2,24	2,10	1,19	1,94	2,68	2,03	0,54
Manpower	45	57	82	54	60	59	13,72
density of ramification (root /mm)	0,26	0,37	0,49	0,39	0,34	0,37	0,08



**Figure 5.** Distribution of the secondary root (52 days after germination)

### 3.3. Root biomass

The figure (6) well also shows a great variation of the biomasses enter the various studied area. Indeed, the root biomass/m<sup>3</sup> of the ground is much more significant in area 1 (the zone nearest to the palm tree) that the two other zones (2 and 3). These results prove that the root biomass decreases gradually in move away from the palm tree.

Figure 7 presents the distribution of the biomass of each root type (occupying Z1, Z2 and Z3) according to the depth. Prove that in zone 1 the biomass most significant is in the horizon two i.e. between 20 and 50 cm of depth, thereafter the biomass dries/m<sup>3</sup> of ground reduces worm the horizons deepest. In the zone two one notes mainly the absence of the roots in the zone surface then small quantities in horizon 2. On the other hand the horizon three is charged the most by the roots.

In the same way for the third zones we notes the absence of the roots on the level of horizon 1 and the presence of small quantity of the roots in the second horizon (20 cm and 50 cm).

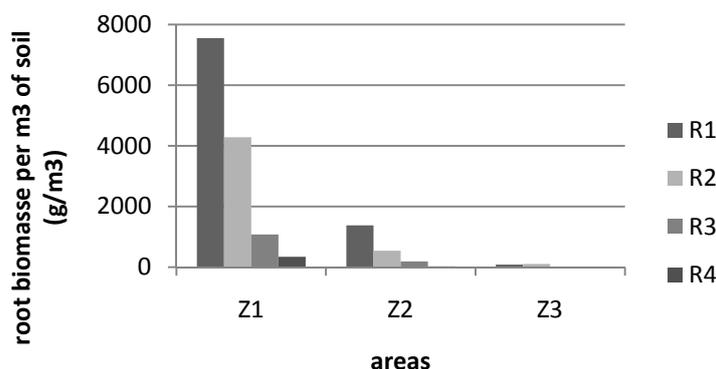


Figure 6. Histogram of root biomass per m<sup>3</sup> of soil in the three areas of the pit.

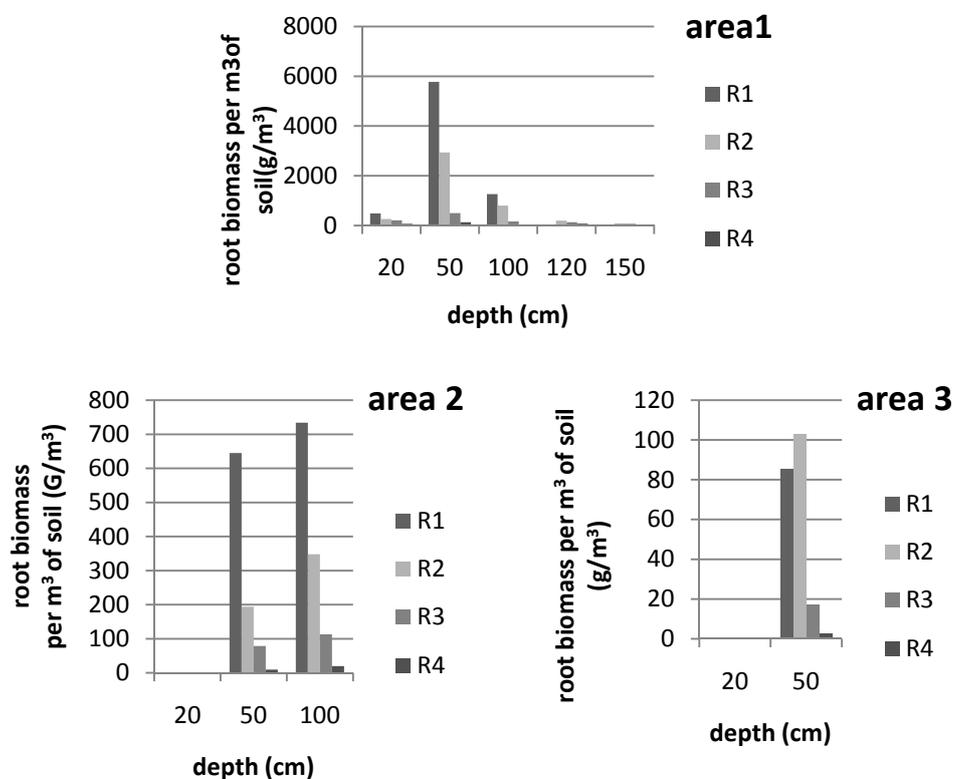


Figure 7. The distribution of the root biomass type (having the Z1, Z2 and Z3) according to the depth.

### 3.4. Geometrical distribution of the roots

The study of the side distribution of the roots of palm tree using a graph which presents the elementary number of the roots by squares (Fig. 8) shows that there is a great variation between the various horizons studied, indeed, the highest part is the zone which increases a very significant number of the roots, on the other hand the part deepest it practically vacuum.



Figure 8. Characterization of the space distribution of the root system

## 4. DISCUSSION

Our study allowed to define root architecture, and to identify the various constructive elements of seedlings of date palm in youthful phase.

### 4.1 - Root system Structure

#### 4.1.1- Description of the root system

During the first months which follow germination the date palm quickly develops its root system, before the emergence of the plumule. Over one 90 days period, the radicle reaches its maximum length which does not exceed 40cm and an average diameter of 1,48mm ( $\pm 0,14$ ). The former studies also show that the palm tree and the monocotylédones in general, the radicle developed during the youthful phase have one narrow lifespan because it is an axis of low diameter which presents only the primary characters (Kahn, 1977; Jourdan and Rey, 1997). Thus adventitious primary roots appearing gradually, in the basal part of the foliar bulb, (Jourdan 1995). For the oil palm, Jourdan and Rey (1997) showed that the first adventitious root emerges after one month of germination. However, this period is generally insufficient for the formation of the adventitious roots for the date palms.

Contrary to the eucalyptus (Thongo Me bou, 2008), the basal diameter of the radicle of the date palm remains constant during time (Fig. 2). In addition, the statistical studies showed that their diameter slightly decreases worm the apex (Fig. 1) except for the meristematic apical zone which is generally inflated. Thus several authors announced that the speed of root elongation increase with the raising of the apical diameter (Bécel, 2010).

In our study, we noticed the presence of a great variability length of the radicle for the various samples, although they have the same age of growth. That can be explained by the presence of the edaphic constraints (example compaction of the ground) which slowed down the phenomenon of the root elongation.

#### 4.1.2. Branhing process

The study of the root system of date palm shows one simple structure, with only one primary root downwardly oriented (radicle). Indeed, during the youthful phase, its notes that the differentiation of several roots side, this morphological differentiation of the root axes results from a program of growth specific to each species (Thongo Me bou, 2008). For the date palm we identified three types of lateral formations; "long" of the order two, "medium" of the order two and three and "short" which can be of order two three and four.

Thus the radicle bear "long", "medium" and "short" roots. In the same way, the lateral roots "long" and "medium" bear in their turn, two types of root : "medium" and "short" and finally the "medium" roots of order three, bear "short" lateral roots. So the "short" roots are with several topological orders.

The identification of various root categories carried by the radicle is done primarily by the classification of the lateral roots according to their classes of the diameters and lengths. Jourdan (1995) announced that the diameter is one of the principal criteria to be taken into account for the differentiation of the types of roots.

The secondary roots of this species, which occur starting from the first millimeters of the base of the radicle decrease as well in diameter as in length with the depth (Fig. 5) thus, giving to the young date palm root system a acropetal structure. This structure was also identified at the Eucalyptus (Thongo Me bou, 2008) and at the oil palm (Jourdan, 1995).

The study of the root architecture shows that there are empty zones called "Inter ramification distance" which results from the inhibiting activities carried on by the primordism (Jourdan, 1995). Our study show that the distance between two lateral roots ranges by the radicle or by the secondary roots is very variable with a minimal distance between two roots side of 0.3 mm.

Jourdan et al. (1995) showed that the minimal distance of ramification, in the root system oil palm, is about 0.5 mm and which this distance decreases worm the cap.

## 5. CONCLUSION

This work consists in studying the development of the root system date palm resulting from sowing. Root Architecture was followed on plants, of various ages, taken of the oasis of Chott El Ferikh and in seedbed. This study we permit to identify the different elements constituting the root system. The Typology was determined based on morphological criteria the diameter and the final length of the root. Only five root types having characteristics distinct and distributed on four different topological orders were highlighted, they are gradually set up during time forming sets a more or less complex root system. During its development, the growth of the radicular diameter during time is practically null.

During the youthful phase, the root system of the date palm quickly colonizes the first centimeters of the ground, which allows him an intense taking away of water and rock salt. The secondary radicle and roots are characterized by a continuous ramification of nature acropète. Nevertheless, the distribution of the side roots on the carrying roots is generally very variable.

The results showed an unequal distribution between different axes in the various horizons of ground. In fact the distribution of the biomass of various root types in the different area proves a great variability.

## REFERENCES

- Aberlenc-Bertossi F. (2012). Ressources génétiques et détermination du sexe du palmier dattier. Département Environnement et Ressources. 227-234.
- Baaziz M. (2008). Contraintes biotiques et abiotiques de la culture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*). Exemples relatifs aux pays du Maghreb. Laboratoire de Biochimie et Biotechnologies des Plantes, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences-Semlalia.
- Bécel C. (2010). Croissance racinaire en verger de pêcheurs. Influence de la distribution de l'eau dans le sol et de la disponibilité en assimilats carbonés. Thèse. Institut National de Recherches en Agronomie. 147pages.Bécel, 2010).
- Jourdan C. et Rey H. (1996). Architecture racinaire du palmier à huile. Modélisation et simulation plantation, recherche, développement: 313-323.
- Jourdan C. (1995). Modelisation de l'architecture et du développement du système racinaire du palmier a huile (*Elaeis guineensis jacq.*). Thèse de doctorat. Biologie des Systèmes Intégrés, Agronomie et Environnement. 278 p.
- Jourdan C., Rey H. et Guédon Y., (1995). Architecture analysis and modelling of the branching process of the young oil-palm root system. Plant and soil 177:63-72.
- Jourdan C. et Rey H. (1997). Architecture and developement of the oil-palm (*Elaeis guineensis Jacq.*) root system. Plant and soil 189: 33-48,

- Kahn F. (1977). Analyse structurale des systèmes racinaires des plantes ligneuses de la forêt tropicale dense humide. CODEN: CNDLAR, 32(2) :321-358.
- Kouki K. et Bouhaouach H., (2009). Etude de l'oasis traditionnelle de Chenini Gabès dans le Sud Est de la Tunisie. TROPICULTURA, 27, 2 : 93-97.
- Terral J-F, Newton C., Ivorra I., Tengberg M., Tito C. et Pintaud J.C. (2008). De la diversité actuelle aux vestiges archéologiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Développement de descripteurs géométriques des graines de dates. *Proceedings du "Séminaire du Réseau Biotechnologies Végétales du Palmier Dattier"*, Montpellier 18-20 November 2008.
- Thongo M'bou A. (2008). Etude du système racinaire de l'Eucalyptus en plantation tropicale : Analyse architecturale, croissance et respiration. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré : 181p.



## Effets de la fertilisation phosphatée sur le rendement et ses composantes d'une culture de blé dur (*Triticum durum* Desf. Var. CARIOCA) en milieu saharien (cas d'El-Goléa, Ghardaïa, Algérie)

B. Moussaouali  
Département d'agronomie,  
Université d'El-Tarf, Algérie

### RESUME

Dans le monde, les céréales sont considérées la principale ressource de l'alimentation humaine et animale. En Algérie, elles occupent 60% des terres cultivées mais malheureusement la production et le rendement demeurent très faibles, et engendrent annuellement des déficits de l'ordre de 70% par rapport aux besoins alimentaires. Les conditions agronomiques et le mode de conduite de ce secteur peuvent avoir des effets directs sur cette situation. Le but de cette étude est de faire une comparaison sur deux ans entre quelques types d'engrais phosphatés (fosfactyl, SSP et MAP avec quatre doses 30, 60, 90 et 120 u) dans le sud algérien sous pivot sur une culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.), variété CARIOCA, qui présente une faculté germinative de 98% et un PMG de 59 g. Elle portera sur quelques paramètres morphologiques et agronomiques, à savoir la longueur de l'épi, nombre d'épis au m<sup>2</sup>, nombre de grains par épi, poids de 1000 grains (PMG), rendement réel.

**Mots clés :** blé dur, fertilisation, phosphore, pivot, rendement, Sahara.

### SUMMARY

The cereals, in the world, are considered the principal resource of the human and animal alimentation. In Algeria, they occupy a very important part of the soil (60%), but, unfortunately, the production and the average yield are very weak, they cover only 30% of the food needs of the population. The agronomical conditions and the mode of control of this sector can have direct effects on this situation. The aim of this study is to make comparison for two years between some phosphoric fertilizers (fosfactyl, SSP and MAP with four doses 30, 60, 90 and 120 u) in the south of Algeria under Saharan conditions on a durum wheat culture (*Triticum durum* Desf.). It will relate to some morphological and agronomical parameters, namely the length of ear, number of ears to the m<sup>2</sup>, number of grains per ear, weight of 1000 grains (PMG), real output.

**Key words:** durum wheat, fertilization, phosphorus, pivot, yielding, Sahara.

### 1. INTRODUCTION

En Algérie, la céréaliculture pluviale et irriguée constitue la composante principale du système agrosocio-économique. Elle occupe une superficie d'environ 6 millions d'hectares (jachère comprise) soit 90% des terres cultivées en Algérie (Khaldoune et al., 2006), mais ses emblavures s'étendent sur 4 millions d'hectares seulement (Mouhouche et al., 2008), ce qui représente 9,43% de la SAT et 47% de la SAU. Ce secteur est caractérisé par la dominance de blé dur qui représente 41,55% des emblavures, suivi par l'orge puis le blé tendre (MADR, 2012). Le blé dur, tout seul, est essentiellement destiné à l'alimentation humaine et occupe une superficie de 1 357 987 ha (MADR, 2012). Les blés (dur et tendre) participent avec une production moyenne annuelle de l'ordre de 15 millions de quintaux, ce qui représente 63% de la production totale des céréales d'hiver. Cette situation inquiétante est causée essentiellement par les conditions climatiques défavorables surtout les précipitations. Suite à cela, l'Algérie est un grand intervenant sur le marché mondial des céréales par un niveau de consommation annuelle pas moins de 75 millions quintaux évalué à une facture de 1,5 milliard de dinars en 2005. Toutefois, le problème auquel est confronté l'Algérie réside notamment dans le fait que le niveau de production céréalière nationale est loin de répondre aux besoins de consommation exprimés. Ce qui fait de l'Algérie un important importateur de produits (il est le quatrième sur la liste des grands pays importateurs). D'après une étude statistique récente, "les principales destinations des exportations des blés de l'union européenne seront le Maghreb (45%, dont moitié pour l'Algérie)" (AGPB, 2009). Pour faire face à cette situation, et compte tenu du souci de satisfaction en produits alimentaires et de la disponibilité des ressources foncières, financières et naturelles, les agriculteurs se trouvent obligés

d'étendre la culture des céréales depuis ces deux dernières décennies vers les zones sahariennes où les ressources en eau sont disponibles (Feknous, 2000). De ce fait, avec l'intensification des cultures, les besoins en engrais devraient augmenter car les sols de ses zones sont généralement pauvres en éléments nutritifs ; sachant que sous climat hyperaride, l'amélioration des techniques de production est centrée, de plus en plus, autour de l'efficacité d'utilisation des engrais. Parmi les facteurs d'intensification, les engrais minéraux occupent une place primordiale (Halilat, 2004). Le développement récent de la céréaliculture sous pivot en zones sahariennes a donné des résultats encourageants. L'objectif de ce travail, conduit pendant deux ans, est de choisir les engrais phosphatés (types et doses) convenables aux zones sahariennes pour faire face aux conditions pédologiques spécifiques du Sahara, d'une part, d'autre part pour donner des bons rendements de la culture du blé.

## **2. MATERIELS ET METHODES**

### **2.1. Région d'étude**

L'expérimentation a été conduite, durant deux campagnes agricoles 2008/2009 et 2009/2010, dans une exploitation privée située à El-Goléa, à 270 km au sud du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa (900 km au sud de la capitale de l'Algérie), elle s'étend sur une superficie d'environ 1000 ha. Les coordonnées géographiques sont : latitude : 30°35' Nord, longitude : 2°52' Est, altitude : 440 m.

### **2.2. Situation climatique, pédologique et hydrique**

El-Goléa est définie comme une zone désertique soumise à des conditions climatiques aux caractéristiques extrêmes. Le caractère désertique est essentiellement lié au climat. La région est caractérisée par un climat saharien à hiver doux, une saison sèche qui s'étale sur toute l'année (selon le diagramme ombro-thermique de Gaussen), avec des chaleurs fortes surtout durant le jour, le maximum absolu atteint 45°C en été (juillet, août). Les amplitudes thermiques sont étendues aussi bien au cours de l'année qu'au cours du mois et de la journée (DPAT Ghardaïa, 2012). L'indice de l'aridité est de l'ordre de 1,21 (Laaboudi et *al.*, 2011).

La pluviométrie est négligeable, n'excédant pas les 40 mm/an, caractérisée par une très grande irrégularité dans le temps. Elle ne peut être jamais une source d'eau pour les végétaux. L'humidité relative durant toute l'année est inférieure à 50% (le minimum est de 27%).

Les vents les plus fréquents à El-Goléa sont ceux du nord et du nord-est, qui s'étalent de février à juin. Les vents du nord sont les plus forts et peuvent atteindre 30 à 40 km/h durant la période avril à septembre. Ils ont un effet néfaste sur les plantes.

La durée d'ensoleillement journalière oscille entre 9,6 h et 14,5 h en fonction des saisons, soit environ 3 410 à 5 165 h/an (la limite théorique tolérable est de 4 380 h/an).

Le sol est caractérisé par une texture grossière où le taux de sable dépasse 75%. Il présente un pH alcalin (8,5), un taux élevé en calcaire et très faible en phosphore et en azote.

L'eau se trouve dans les deux types de nappes qui caractérisent le Sahara (Meterfi, 1984). Les forages vont chercher l'eau à des profondeurs importantes.

### **2.3. Matériel végétal**

Notre étude a porté sur une variété de blé dur, Carioca, d'origine française. Les semences (R2) proviennent de l'exploitation de nos essais, et datent de la campagne agricole 2007/2008.

### **2.4. Itinéraire technique**

#### ***Installation de l'essai***

#### ***De la 1<sup>ère</sup> année***

Le précédent cultural était une culture d'orge. Le semis est précédé par un travail du sol, puis une pré-irrigation et un épandage d'engrais de fond. Le semis a été réalisé le 31/12/2008 sur une superficie totale de 8 ha environ à l'aide d'un semoir combiné traîné par un tracteur puissant. La dose de semis est de 2 q/ha de blé. La profondeur de semis est de 3 à 4 cm. Un désherbage chimique a été réalisé deux fois le long du cycle. L'irrigation commence juste après le semis jusqu'à la maturité complète sans interruption (avec des doses variables). La récolte et le battage de nos échantillons ont été effectués manuellement le 10/06/2009.

### **De la 2<sup>ème</sup> année**

Le semis a été effectué le 26/01/2010. L'écartement entre les lignes est de 13 cm. La récolte des échantillons a été effectuée manuellement le 21/06/2010. (Les opérations culturales non-mentionnées sont similaires à celles de la 1<sup>ère</sup> année).

### **Protocole expérimental**

#### **De la 1<sup>ère</sup> année**

##### **Traitements et Dispositif expérimental**

Deux engrais phosphatés, le Fosfactyl (3-22-0) et le simple superphosphate (SSP) (0-17-0) ont été mis en comparaison aux doses ci-après :

**P30** = 30 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P60** = 60 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P90** = 90 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P120** = 120 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

Le dispositif expérimental est un dispositif de type blocs aléatoires et complets, comportant 08 traitements (04 traitements pour chaque type d'engrais), avec 05 répétitions pour chaque traitement. Au total, nous avons : 04 doses x 02 engrais ce qui fait 08 parcelles élémentaires. Chacun de ces parcelles mesure 720 m de long et 15 m de large.

### **De la 2<sup>ème</sup> année**

##### **Traitements et Dispositif expérimental**

Trois engrais phosphatés, le MAP (11-52-0), le Fosfactyl (3-22-0) et le SSP (0-17-0) sont mis en comparaison avec 3 doses pour chacun qui sont :

**P30** = 30 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P60** = 60 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P90** = 90 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire et complet, comportant 09 traitements, avec 05 répétitions pour chaque traitement. Au total, nous avons : 03 doses x 03 engrais ce qui fait 09 parcelles élémentaires. Chacun de ces parcelles mesure 720 m de long et 6 m de large.

#### **4.3. Paramètres mesurés**

Dans chaque parcelle élémentaire, 5 placettes de 2 m linéaires contiguës et représentatives ont été prélevées pour déterminer les 5 caractères observés, à savoir la longueur de l'épi, nombre d'épis au m<sup>2</sup>, nombre de grains par épi, poids de 1000 grains (PMG), rendement réel.

### **2.5. Analyse statistique**

Les résultats obtenus ont été soumis à des analyses statistiques. Le logiciel STATISTICA 8.0 (version anglaise) a servi pour l'analyse de la variance à deux critères de classification. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% est utilisé pour comparer les moyennes des variables étudiés afin de déterminer les groupes homogènes.

## **3. RESULTATS ET DISCUSSION**

### **3.1. Paramètres morphologiques**

Longueur de l'épi

**1<sup>ère</sup> année** : La longueur moyenne de l'épi varie entre 5,44 cm et 5,67 cm respectivement pour les doses apportées par le Fosfactyl, et entre 5,42 cm et 5,64 cm respectivement pour les doses de SSP (Fig. 1). La valeur la plus élevée est enregistrée par le Fosfactyl (90 u), et la plus faible par SSP (30 u). L'analyse de la variance n'indique aucun effet significatif des traitements sur la longueur de l'épi (C.V. = 4,46%).

**2<sup>ème</sup> année** : La longueur moyenne de l'épi varie entre 4,87 et 5,33 cm pour les doses apportées par le MAP ; entre 5,21 et 5,39 cm pour les doses apportées par le SSP et entre 4,90 et 5,04 cm respectivement par le Fosfactyl (Fig. 1). La valeur la plus importante est donnée par le SSP (90 u), et la plus faible par le MAP (30 u). L'analyse de la variance montre que la différence est hautement significative entre les engrais, significative entre les doses et non significative pour l'interaction pour ce paramètre (C.V. = 7.03%).

Nos résultats s'avèrent très proches à ceux obtenus par Feknous (2000) a trouvé une longueur maximale de 7,5 cm pour une dose de 200u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

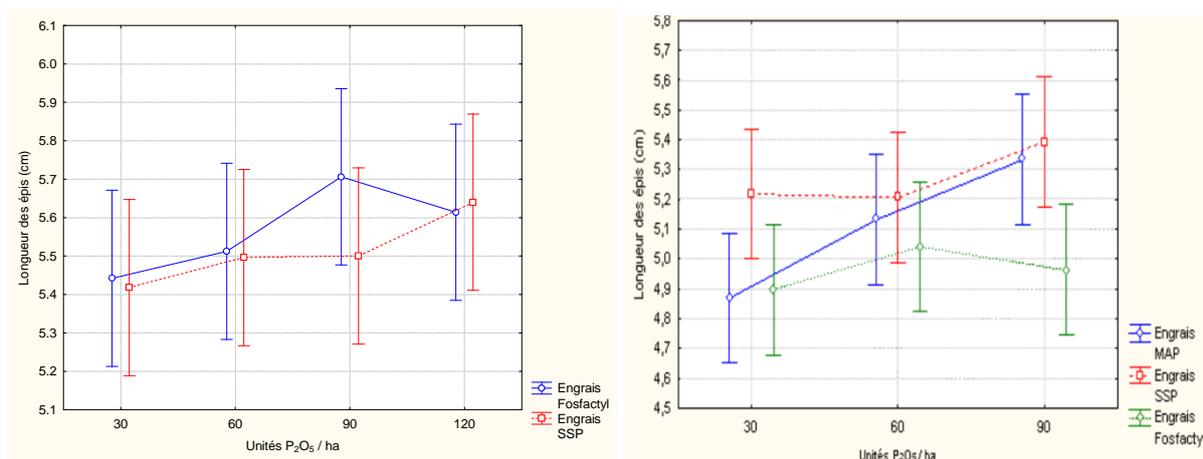


Figure 3. Longueur de l'épi (cm) par type et doses d'engrais (1<sup>ère</sup> année, à gauche ; 2<sup>ème</sup> année, à droite)

### 3.2. Composantes du rendement

Nombre d'épis au m<sup>2</sup>

**1<sup>ère</sup> année :** Le nombre d'épis au m<sup>2</sup> varie entre 350 et 505 épis pour les doses de Fosfacyl ; et entre 377 et 438 épis pour les doses apportées par le SSP. La valeur la plus élevée est obtenue par la dose 90 u de Fosfacyl, et la plus faible par la dose 30 u du même engrais. L'analyse de la variance ne révèle aucun effet significatif entre les traitements.

Théoriquement, le nombre de talles-épi de la variété utilisée est de 4 à 5 talles par pied. Alors que pour notre culture, nous avons trouvé seulement 2 à 3 épis par pied ; ce qui explique le nombre faible d'épis/m<sup>2</sup>.

**2<sup>ème</sup> année :** Le nombre d'épis au m<sup>2</sup> varie entre 574 et 704 épis pour les doses apportées par le MAP ; entre 651 et 696 épis de SSP et entre 638 et 661 épis pour le Fosfacyl. La valeur la plus élevée et la plus faible sont enregistrées par le MAP (doses: 60 u et 30 u respectivement). L'analyse de la variance montre que les engrais et les doses n'ont eu aucun effet significatif ; par contre, l'interaction a eu un effet hautement significatif sur ce paramètre (C.V. = 10.02%). Nos résultats sont légèrement supérieurs à ceux obtenus par Bélaïd (1987), il a trouvé une valeur maximale de 347 épis/m<sup>2</sup> pour une dose de 60 u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Nombre de grains par épi

**1<sup>ère</sup> année :** Le nombre de grains par épi est une caractéristique variétale qui est très influencée par le nombre d'épis au mètre carré (Couvreur, 1981). Le nombre de grains par épi varie de 35 à 37 grains par épi pour les doses apportées par le Fosfacyl ; et de 34 à 39 grains par épi pour les doses apportées par SSP (Fig. 2). La dose 90 u des deux engrais a donné le nombre le plus élevé de grains par épi, alors que la dose 30 u des deux engrais a donné le nombre le plus faible. L'analyse de la variance n'indique aucune différence significative entre les traitements (C.V. = 8,19%). Selon Hafsi (1990), l'application précoce du phosphore augmente ce nombre.

**2<sup>ème</sup> année :** Le nombre de grains par épi varie entre 23 et 30 grains/épi pour les doses apportées par le MAP ; entre 22 et 25 grains/épi pour les doses de SSP ; et entre 23 et 25 grains/épi pour les doses apportées par le Fosfacyl (Fig. 2). L'analyse de la variance montre que la différence est non significative entre les engrais, significative entre les doses et très hautement significative pour l'interaction sur ce paramètre (C.V. = 14.33%). Ce paramètre est loin d'être comparé avec celui de la 1<sup>ère</sup> année, car l'écart est très important.

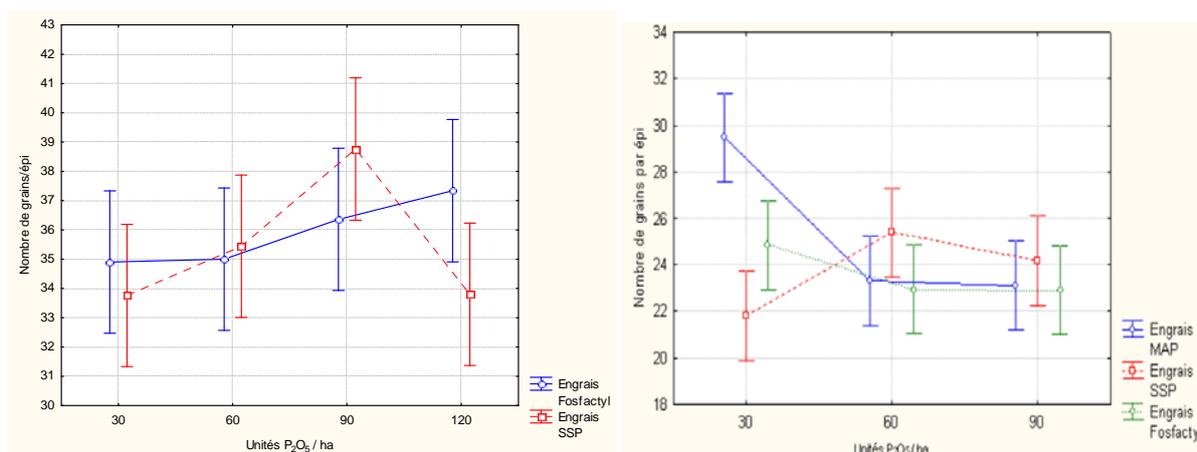


Figure 4. Nombre de grains par épi par type et doses d'engrais (1<sup>ère</sup> année, à gauche ; 2<sup>ème</sup> année, à droite)

### Poids de 1000 grains (PMG)

**1<sup>ère</sup> année :** Le PMG n'a pas varié beaucoup entre les doses apportées par le Fosfactyl (55,72 et 58,94 g) ; mais pour le SSP il a varié entre 51,27 et 62 g. La valeur la plus élevée et la plus faible sont données respectivement par les doses 30 u et 90 u de SSP (Fig. 3). Il s'avère que les fortes températures à ce stade ont un effet négatif avec les doses importantes. L'analyse de la variance montre que la différence est très hautement significative entre les doses, significative pour l'interaction et non significative entre les engrais (C.V. = 6,77%). Le test de Newman et Keuls fait ressortir 3 groupes homogènes A, B, C, deux entre eux qui se chevauchent. Nos résultats sont nettement supérieurs à ceux obtenus par Mehdi *et al.* (2007) ; ils ont obtenu un PMG maximum de 45,72 g pour une dose de 120 u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Selon Delecolle (1985) et Laconde *et al.* (1993), des températures de l'air supérieures à 30°C ou une forte ETP conduisent à un défaut de remplissage du grain et à une réduction du PMG.

**2<sup>ème</sup> année :** Le PMG varie entre 39,93 et 43,40 g pour les doses apportées par le MAP ; entre 38,75 et 45,09 g pour les doses apportées par SSP ; et pas beaucoup entre les doses de Fosfactyl (41,19 et 43,46 g) (Fig. 3). L'analyse de la variance montre que la différence est non significative entre les engrais, hautement significative entre les doses et très hautement significative pour l'interaction sur ce paramètre (C.V. = 7,4%). Le test de Newman et Keuls fait ressortir 4 groupes homogènes A, B, C, D qui se chevauchent.

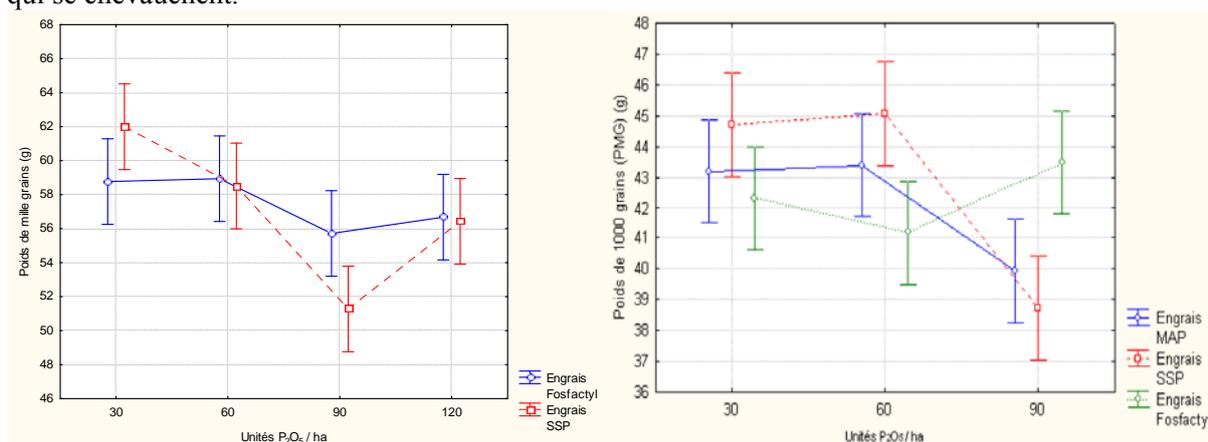


Figure 5. Poids de mille (1000) grains (g) par type et doses d'engrais (1<sup>ère</sup> année, à gauche ; 2<sup>ème</sup> année, à droite)

### Rendement réel

**1<sup>ère</sup> année :** Les rendements obtenus varient entre 68,59 et 74,91 q/ha respectivement pour les doses 60 u et 120 u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha apportées par le Fosfactyl ; et entre 49,51 et 74,10 q/ha respectivement pour les doses 30 et 60 u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha apportées par SSP (Fig. 4). L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative entre les traitements (C.V. = 21,60%). Nos résultats sont nettement supérieurs à ceux obtenus par Ryan *et al.* (1990) ; Feknous (2000) et Mehdi *et al.* (2007) ; ils ont obtenu des

rendements maximums de 18,71 q/ha, 40,65 q/ha et 36,40 q/ha pour des doses de 40 u, 200 u et 120 u de  $P_2O_5$ /ha respectivement. Les rendements réels obtenus par Fosfactyl sont supérieurs à ceux obtenus par SSP (à l'exception de la dose 60 u), cela est dû à l'effet du bore (B) qui améliore les rendements en grains chez le blé.

**2<sup>ème</sup> année :** Les rendements obtenus varient entre 63,26 et 72,74 q/ha respectivement pour les doses 90 u et 30 u de  $P_2O_5$ /ha apportées par le MAP ; entre 61,18 et 74,98 q/ha respectivement pour les doses 90 u et 60 u de  $P_2O_5$ /ha apportées par SSP ; et entre 62,56 et 67,83 q/ha respectivement pour les doses 60 u et 30 u de  $P_2O_5$ /ha apportées par le Fosfactyl (Fig. 4). L'analyse de la variance montre que les engrais et l'interaction n'ont aucun effet significatif, par contre, les doses ont un effet significatif sur ce paramètre (C.V. = 15,57%).

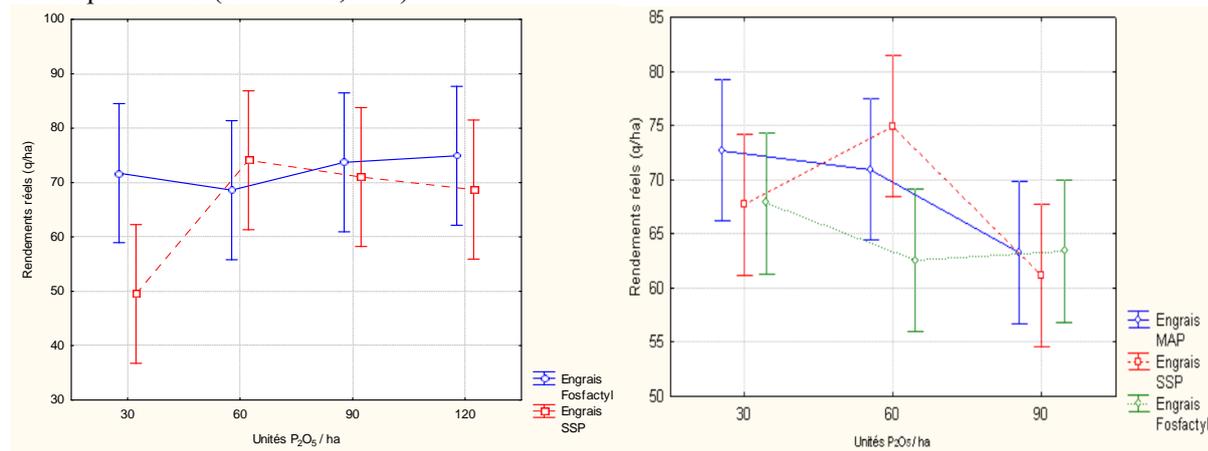


Figure 6. Rendements réels en grains (q/ha) par type et doses d'engrais (1<sup>ère</sup> année, à gauche ; 2<sup>ème</sup> année, à droite)

#### 4. CONCLUSION

Les résultats obtenus permettent de constater que l'effet des engrais phosphatés n'est pas significatif pour tous les caractères, cela veut dire que les deux engrais utilisés ont réagi de la même façon sur ces caractères ; en plus le Fosfactyl ne convient pas aux sols calcaires. De point de vue économique, on peut déduire que le SSP est mieux convenable pour ces sols.

-les résultats montrent que le meilleur rendement (75 q/ha) et le PMG le plus élevé (45g) ont été obtenus en utilisant le SSP avec la dose 60 u de  $P_2O_5$ /ha parmi les trois engrais utilisés.

-ils montrent que l'utilisation du MAP s'avère très intéressante sur tous les paramètres étudiés.

-l'utilisation du Fosfactyl a donné des résultats inférieurs par rapport à ceux obtenus par le SSP et ceci pour tous les paramètres mesurés ; de ce fait et de point de vue économique, on va éliminer l'utilisation de cet engrais car c'est un engrais importé.

Le comportement de la variété utilisée en relation avec l'alimentation phosphorique ne pourrait être suffisamment expliqué que par une multiplication de ce type d'essai dans le temps ; des essais pluriannuels sont à recommander. Cette démarche est un outil privilégié qui permet d'aller au-delà de la simple relation apport et rendement.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Association générale des producteurs de blé et autres céréales (AGPB), (2009). Humeur de blé. Lettre d'information de l'A.G.P.B, N° 211, Mai – Juin, 02p (Format PDF).
- Bélaid D. (1986). Aspect de la céréaliculture algérienne. Ed. Office des Publications Universitaires, Alger, 207p.
- Couvreur F., (1981). La culture du blé se raisonne. Cultivar. Juin, pp. 39-41.
- Délécolle R., (1985). Influence climatique sur le cycle du blé d'hiver *In* Bases de la bioclimatologie, INRA France (Département de bioclimatologie), Semaine de formation. Ed. INRA, pp 205-206.
- DPAT Ghardaïa (Département de la planification et de l'aménagement de territoire), (2012). Annuaire statistique (Volet 1 et 2, tous les secteurs), (Fichier Word), 124p.
- Feknos, N. (2000) Dynamique du phosphore en milieu calcaire et aride (cas de la wilaya d'Adrar): conséquences sur la fertilisation phosphatée du blé dur. Thèse de magister, INA, Alger (Algérie), 74p.

- Hafsi M., (1990). Influence de la fertilisation phospho-azotée sur la variété de blé dur « Mohamed benbachir» (*Triticum durum*) cultivée dans les conditions des hautes plaines stéphiennes INA, Alger (Algérie), 124p.
- Halilat, M.T., (2004). Effet de la fertilisation potassique et azotée sur blé en zone saharienne, Université de Ouargla (Algérie), Laboratoire de Bioressources Saharienne : Préservation et Valorisation, Département des sciences agronomiques, 16p (Format PDF).
- Khaldoune A., Béllah F., Mekliche L., (2006). L'obtention variétale en Algérie cas des céréales à paille. Ed. INRAA, 82p.
- Laaboudi A., Mouhouche B, Zaki A, Bouaboub-Mossab K., (2011). Impact des variations climatique sur les rendements du palmier dattier dans la région d'Adrar *In* Recherche agronomique « revue semestrielle » N°24. Ed. INRAA, pp 61-70.
- Laconde J.P., Cochet J.C., Castillon P, Roques F., Verdier J.L., Deumier J.M., (1993). Comment réussir le blé dur dans le sud *In* Perspectives agricoles (revue semestrielle) N° 184, pp 52-72.
- MADR, (2012). Statistiques agricoles (Série B) (Fichier Excel). Ministre de l'Agriculture et de Développement Rurale.
- Mehdi S-M., Abid M., Sarfraz M., Hafeez M., Hafeez F., (2007). Wheat response to applied phosphorus in Light Textured Soil *In* Journal of Biological Sciences 7 (8). Ed. Asian Network for Scientific Information, pp 1535-1538. (Format PDF).
- Meterfi B. (1984). Contribution à la caractérisation des sols sahariens et évaluation de leurs aptitudes culturelles (oasis d'El-Goléa). Mémoire d'ingénieur d'état, INA, Alger (Algérie), 83p.
- MouhoucheB., Smadhi D., Semiani M., Zella L. (2008). Pluviométrie et céréaliculture: cas des hauts-plateaux de l'est algérien. *In* : Recherche agronomique, N°21,Ed. INRAA, pp 7-16.
- Ryan J., Abdelmoumen M., Azzaoui A., El-Gharous M. (1990). Impact of phosphorus fertilizer on barley, wheat and triticale in phosphorus deficient dry land zone soil. Morocco.



## Gestion de l'eau dans l'agrosystème: rôle de la jachère dans les régions arides et semi-arides

BENLARIBI M. et ZERFAFA C.

Université Constantine 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département de biologie et écologie végétales. Email : [benlaribi\\_mos@yahoo.fr](mailto:benlaribi_mos@yahoo.fr)

### RESUME

L'exploitation rationnelle des potentialités de la nature est un gage d'équilibre entre l'homme et son environnement et une source de richesses durables. Ainsi et contrairement aux systèmes agricoles à haute valeur naturelle, le système de grandes cultures ou agrosystème est resté relativement traditionnel en Algérie, particulièrement dans les régions arides et semi-arides jusqu'aux années 1975. Il est conduit, dans sa globalité, sur la base de l'assolement biennal : céréale-jachère.

Ce système assure la production de 20 à 30 millions de quintaux de céréales car, ajusté empiriquement sur les conditions bioclimatiques et les savoir-faire des habitants. Il permet, par conséquent, la concordance des cultures au peu d'eau de pluie recueillie dans cette région (hautes plaines et hauts plateaux céréaliers du pays) par le simple respect du calendrier cultural. Ce système de culture sur jachère, adopté progressivement au cours de l'histoire de l'agriculture sur la rive Sud de la méditerranée a été bouleversé, il ya maintenant plus de quatre décennies (1975-2013) par les différents assolements préconisés sur la base de la résorption de la jachère.

Or, les quantités de pluies enregistrées dans cette zone géographique sont insuffisantes car, aléatoires à elles seules pour l'accomplissement du cycle biologique des céréales, de manière régulière, sans les avantages de cette technique (la jachère) ou l'irrigation d'appoint. Ainsi, l'idée du maintien de cette dernière dans le contexte socio - économique actuel de l'Algérie, en tant que règle agraire régulatrice de l'utilisation de l'eau que moyen de stabilité de la production est discutée.

**Mots clés :** gestion de l'eau, système de culture, jachère, agrosystème.

### 1. INTRODUCTION

Les céréales occupent une grande place parmi les cultures vivrières en Algérie. Parmi ces céréales, le blé dur et le blé tendre constituent à eux seuls la base de l'alimentation ordinaire de la totalité de la population. D'après René DUMONT cité par Lagarde (1980), l'Algérie produit la même quantité de céréales qu'en 1900 à savoir 2 millions de tonnes environ, alors qu'elle comptait 22 millions d'habitants au lieu de 6 . Actuellement, elle en compte près de 40 millions d'habitants et son alimentation est assurée au 2/3 par des importations (la production avoisine les 4 millions de tonnes). Malgré les campagnes de sensibilisation menées depuis 2005 et visant à résorber la jachère pour atteindre l'indépendance alimentaire, la pratique de l'assolement biennal « céréales-jachères » demeure très répandue en Algérie.

Le blé dur ou tendre occupe généralement la tête de l'assolement en succédant à une jachère pâturée et travaillée; une culture fourragère (vesce-avoine généralement); des légumes secs (pois-chiches ou lentilles). Toutefois, des assolements plus complexes (triennal ou quadriennal) sont rencontrés de façons moins fréquentes ou Nord du pays.

### 2. SYSTEME DE CULTURES OU AGROSYSTEME

Le système de culture peut être défini comme étant la répartition des cultures dans l'espace (assolement) et le temps (rotation). Il est l'aboutissement de travaux empiriques (expériences) ou de recherches scientifiques en relation avec les potentialités édapho-climatiques d'une région.

Le système de culture permet de déboucher sur un calendrier de travail du sol en fonction des objectifs économiques fixés. Avant 1970, le système de grandes cultures est resté traditionnel en Algérie ; il est caractérisé par l'assolement biennal : céréale-jachère. Parmi les raisons qui ont permis son maintien on peut citer le rôle joué par la jachère qui est de nouveau résumé par SEBILLOTTE *et al.*, (1993) et DORE et DABLIES(1994) à savoir :

- le stockage de l'eau de pluie ;
- la lutte contre les adventices ;

- la lutte contre les ennemis de cultures ;
- l'augmentation de la fertilité des sols (notamment en azote nitrique).
- l'apport fourrager, de légumes secs ...

A noter que la durée d'action d'un précédent (exemple jachère) se fait sentir durant les trois années suivantes, mais elle est surtout notable les deux premières années avec une chute considérable de la première à la deuxième année (SEBILLOTTE, 1985).

Comme il faut souligner, à ce niveau, que le précédent jachère réunit les conditions favorables à la préparation du sol et permet de semer de bonne heure la céréale suivante. Ceci constitue souvent un gage de réussite de la culture.

### Exemple de système de grandes cultures dans le Constantinois

A partir de 1970, avec l'introduction de génotypes de blé à "haut rendement", particulièrement d'origine mexicaine, le système blé-jachère a subi des bouleversements remarquables pour être remplacé, selon la "zonation" réalisée sur la base de la pluviosité du Nord au Sud, par de nouveaux assolements (Figure 1).

Mais, malgré la mécanisation à outrance (1 tracteur pour 60 ha), l'emploi d'engrais chimiques et de désherbants (souvent appliqués irrationnellement), le système préconisé a échoué et on retrouve actuellement l'ancien système supplantant le nouveau dans toutes les zones céréalières du Constantinois. Pourquoi ?

Mis à part certaines considérations d'ordre politique et social, l'explication pratique est simple si on la relie, d'une part, aux grands types de sécheresse souvent rencontrés en Algérie, d'autre part, à la période de croissance du blé et au traitement de la jachère (Figures 2, 3 et 4).

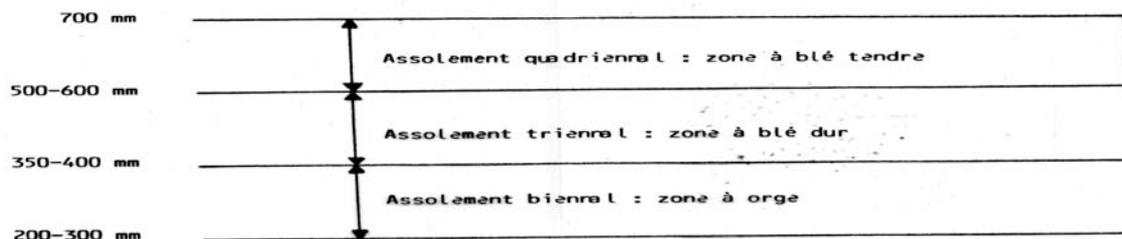


Figure 1 : Assolements proposés

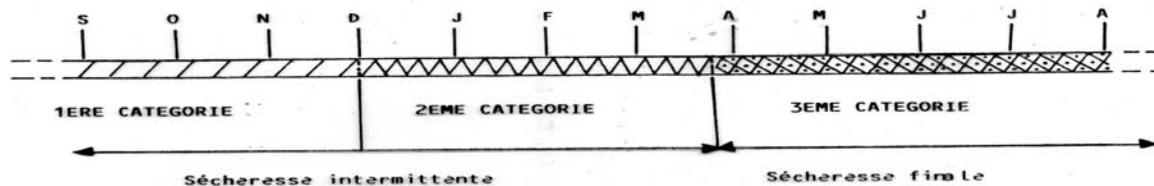


Figure 2 : Types de sécheresses rencontrés en Algérie.

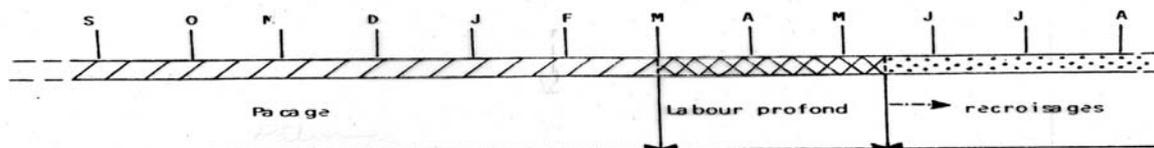


Figure 4 : Suivi de la jachère qui accueillera un semis précoce à la campagne suivante.

### **Types de sécheresse rencontrés en Algérie (ENLARIBI, 1984)**

Pour le blé et sous les conditions climatiques algériennes, on peut distinguer trois catégories de sécheresse (figure 2):

- 1- Une sécheresse qui apparaît dès le début du cycle végétatif et qui perturbe la germination et la levée ;
- 2- Une sécheresse qui arrive au cours du cycle végétatif, pendant la mise en place des organes de la plante (talles, appareil chlorophyllien, système racinaire adventif) qui est moins dangereuse ;
- 3- Une sécheresse qui survient tardivement pendant le développement de la plante, une fois que toutes les structures sont en place et qui peut surtout affecter la floraison et le remplissage du grain : c'est la plus dangereuse.

### **Bioclimatologie du blé: périodes de croissance**

La culture du blé s'adapte bien aux conditions difficiles de la zone méditerranéenne (centre d'origine ou d'extension du genre *Triticum*) conditions qui contribuent en outre à l'obtention d'un grain de bonne qualité et à une bonne maturité.

Cette culture se localise surtout sur les hauts plateaux et les plaines de l'intérieur, régions fortement marquées par la sécheresse, en Algérie. En effet, l'insuffisance des pluies et surtout leur mauvaise répartition durant le cycle biologique de la plante exposent cette culture au déficit hydrique.

Du point de vue biologique, la position du cycle végétatif est donnée par la relation existant entre le climat et la végétation. Cette relation permet de déterminer la période de croissance qui est définie comme étant la fraction de l'année, exprimée en jours, durant laquelle la précipitation est au moins supérieure à la moitié de l'évapotranspiration potentielle (E.T.P.), prolongée du temps nécessaire pour permettre l'évapotranspiration (jusqu'à un maximum de 100 mm) de la réserve d'eau accumulée dans le sol durant la période pluvieuse.

Cette période est réduite de tout intervalle de temps où la culture est incompatible avec la température (F.A.O, 1978).

L'utilisation des données climatiques de SELTZER pour Constantine, permet de déterminer cette période de croissance du blé (BENLARIBI, 1984). On constate alors que cette période de croissance théorique correspond bien à la période pratique de culture du blé dans l'Est du pays ITGC (projet céréales, 1974).

### **3. TRAITEMENT DE LA JACHERE OU SUIVI DE LA JACHERE**

La figure 4 montre qu'une jachère bien menée permet d'assurer les gros travaux du sol (labour profond, recroisages) avant l'été, saison qui achève la préparation par émiettement des agrégats de sorte qu'au moment de la reprise des travaux superficiels (début de la campagne agricole) le sol est déjà bien ameubli. Le semis est réalisé alors de bonne heure : dès les premières pluies de la campagne suivante même en sec.

La végétation démarre assez tôt pour s'installer vigoureusement avant l'hiver et partir en montaison dès le mois de Mars pour donner une récolte honorable dans la majorité des cas.

Ce système extensif calé, empiriquement, sur les conditions bioclimatiques de la région constitué une pratique culturale d'ajustement et permet l'adaptation des cultures au déficit hydrique par le respect du calendrier cultural et assure une production d'environ 20 à 30 millions de quintaux de céréales.

Or, il se trouve que dans le cas du système proposé, tous les travaux du sol se passent soit en été, après la récolte du précédent, sur un sol très mauvais (car très sec) soit et le plus souvent au moment des semences. Ceci entraîne un déplacement (une translation) du cycle de la plante qui, quelles que soient les réserves hydriques du sol, achève très mal son cycle pendant une période très chaude : mauvais remplissage du grain ou échaudage ( BENLARIBI, 1987).

### **4. DISCUSSION ET CONCLUSION**

En 1877, Paul-Emile LITRE cité par DONADIEU (1993) consacre la signification suivante à la jachère: c'est l'état d'une terre labourable qu'on n'a pas semencée à l'effet de la laisser reposer pour la faire produire de nouveau plus abondamment. Ceci-dit, la jachère au sens large (sensu lato) est une terre mise annuellement hors production agricole directe et contrôlée par différents travaux; alors

que la jachère, sensu lato, consiste en une série de labours pour préparer les semis d'automne (GILIBERT, 1993). Elle n'est pas à proprement parler, le repos du sol, mais sa préparation (HEUZE, 1861 cité par MONNEVEUX, 1989). En effet, la jachère traditionnelle s'est élaborée comme moyen d'adaptation cohérent avec l'ensemble formé par les techniques et le fonctionnement des exploitations dira SEBILLOTTE *et al.*, en 1993.

Il se dégage alors, que pendant l'année de la jachère, on prépare la récolte de l'année suivante, d'où l'idée du maintien de la jachère qui reste une règle agraire évolutive, en tant que moyen de stabilité de la production céréalière en Algérie jusqu'à ce qu'une organisation socio-économique rationnelle du domaine agricole démontre, de façon soutenue, le contraire.

Par ailleurs, et moyennant de petits aménagements, nous pouvons améliorer la productivité sans trop perturber le système en question car on ne peut en aucun cas transposer ce qui se passe dans le Nord bien arrosé et mieux "organisé" au Sud sec, semi-désertique et peu "efficient".

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENLARIBI M., (1984) : Facteurs de productivité chez six variétés de blé dur (*Triticum durum*) cultivés en Algérie. Thèse de Magistère, Univ. de Constantine, 111p.
- BENLARIBI M. (1987) : Rôle de la jachère dans le système agraire. Séminaire sur la sécheresse, Montpellier, France.
- DONADIEU P. (1993) : La jachère, hypothèses pour un escorcisme. Courrier de l'environnement de l'INRA, N° 19 - 22.
- DORE T. et DABLIES A., (1994) : Retrait des terres et système de culture. Courrier de l'environnement de l'INRA, N° 21, 27- 33.
- F.A.O. (1978) : Report. on the agro-ecological zone. Project: methodology and results for Africa. World soil resources, 48, 158 P.
- GILIBERT J. (1993) : De la jachère et des autres solutions. Courrier de l'environnement de l'INRA, N° 19,9 -18.
- LAGARDE D. (1980) : L'Afrique est en voie de recolonisation. Demain l'Afrique, 45,31-35.
- MONNEVEUX P., (1989) : Le système de culture sur jachère en zone méditerranéenne : étude historique et essai d'analyse de fonctionnement Agriculture méditerranéenne document photocopié. ENSA/INRA, Montpellier France, 37 P.
- SEBILLOTTE M. (1985) : La jachère, éléments pour une théorie. In dynamique des systèmes agraires. A travers champs, agronomes et géographes. ORSTOM ed., Paris, 175- 229.
- ST BILLOTTE M., ALLAIN S., DORE T. et MEY NARD J.M. (1993) : La jachère et ses fonctions agronomiques, économiques et environnementales, diagnostic actuel. Courrier de l'environnement de l'INRA, N° 20,11- 22.
- SELTZER (1946) : Le climat de l'Algérie. Institut météorologique, Alger. pp.

## Evolution de la structure et des capacités de rétention en eau sous différents modes de gestion du stock organique dans quelques sols de culture en Tunisie semi-aride

Imene Jemai<sup>a</sup>, Nadhira Ben Aissa<sup>b</sup>, Khawla Boudabbous<sup>b</sup>, Sayda Ben Guirat<sup>a</sup>, Moncef Ben Hammouda<sup>c</sup> et Tahar Gallali<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Faculté des sciences de Tunis, Campus Universitaire, Tunis 1060, Tunisia

<sup>b</sup>Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Avenue Charles Nicolle, 1082-Tunis Mahrajène, Tunisia

<sup>c</sup>Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef, Boulifa 7100, Kef, Tunisia

Auteur correspondant : Imene Jemai ([j\\_amona20@yahoo.fr](mailto:j_amona20@yahoo.fr))

### RESUME

L'apport de matières organiques aux sols est devenu une pratique agronomique adéquate et indispensable pour la restauration de leurs propriétés bio-physico-chimiques. Cette étude a été menée pour voir le comportement de la densité apparente ( $D_a$ ), de la stabilité structurale, et des teneurs en eau caractéristiques du niveau superficiel (0-20cm) des sols sous différentes pratiques culturales appartenant à trois sites expérimentaux du Nord de la Tunisie. Dans le premier site, situé à Mateur, trois traitements de semis direct (SD), appliqués à trois type de sol sont comparés à un traitement conventionnel (SC). A ce niveau, l'indice d'instabilité structurale du sol ( $I_s$ ) a été amélioré par SD3 (3 ans de SD avec rotation Blé/Feverole), SD7 (7 ans de SD avec rotation Blé/Sulla), et SD12 (12 ans de prairie de Luzerne). Les teneurs en eau volumiques à la capacité au champ (Ecc) et au point de flétrissement permanent (Epfp) ont été augmenté par les traitements en SD mais d'une manière plus significative sous SD3. Alors que l'eau utile (EU) n'a pas beaucoup changé en comparaison SC. Dans le deuxième site, situé à Tagerwin, en plus du traitement (J/O : Jachère/Orge) deux traitements de SD ont été appliqués à un seul type de sol depuis 2000 avec restitution depuis 2004 (O/SD : 4 ans SD avec rotation Orge/sulla, O/OD : 4 ans SD avec rotation Orge/Orge) et comparés à leurs traitements conventionnels. A ce niveau l'amélioration de la structure et de sa stabilité sous l'effet de SD n'a été observée qu'au niveau d'O/SD. Par contre, les Ecc et Epfp n'ont augmenté que sous J/O. Dans le troisième site, situé à Mornag l'étude de l'effet de l'application du fumier de ferme (SF40:40t/ha) et du compost urbain à deux doses (SC40:40 t/ha et SC80 :80 t/ha) par rapport au témoin (ST : sans amendement) a montré que tous les amendements organiques ont augmenté la stabilité structurale et l'EU du sol. Cette augmentation est plus prononcée avec le traitement SC80. La corrélation de Pearson appliquée entre le carbone organique totale (COT) et la  $D_a$ , l' $I_s$  et l'EU a montré qu'il y a une corrélation négatif hautement significatif ( $p < 0,01$ ) entre le COT et la  $D_a$ , significatif ( $p < 0,05$ ) entre le COT et l' $I_s$  et non significatif entre le COT et l'EU ( $p = 0,164$ ,  $n = 13$ ).

**Mots clés :** amendement organique, semis direct, semis conventionnel, matière organique, structure, nord de Tunisie.

### 1. INTRODUCTION

Le concept *qualité des sols* est sujet aux controverses (Bastida et al., 2008) par contre, tous les scientifiques sont anonymes sur l'impact de l'intensification des systèmes agricoles autant sur les propriétés bio-physico-chimiques des sols que sur la biosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère. La matière organique constitue l'élément le plus sensible au mode de gestion des sols, par sa quantité et sa qualité elle influence la stabilité des agrégats (Abid et Lal, 2008), la structure du sol (Riley et al. 2008) ainsi que toutes ses propriétés physiques (Hati et al. 2008). L'objet de cette étude est de mesurer l'impact de trois types de gestion des sols à savoir le SD, le SC et les amendements organiques sur la  $D_a$ , le  $I_s$  et les capacités de rétentions des sols en région semi-aride et ce à moyen et court terme.

### 2. MATERIELS ET METHODES

#### 2.1. Sites expérimentaux

Cette étude a été réalisée sur trois agro-systèmes en régime pluvial, appartenant à trois étages bioclimatiques différents.

Le premier site est situé à El hamrounia (36°52'N, 9°36'E, élévation 141 m) au Nord de la Tunisie dans le gouvernorat de Mannouba, à bioclimat subhumide et où le SD a été appliqué sur trois parcelles représentées par les traitements SD3, SD7 et SD12. SD7 et SD12 sont des sols à caractère vertique. Les résidus sont 500 kg/ha de chaumes de blé, 750 Kg/ha de chaumes de sulla et 450 Kg/ha de chaumes de féverole. Les résidus de blé ont été laissés sur la surface du sol pendant deux ans dans les parcelles SD3 et SD7; cependant, les résidus de féveroles ont été laissés sur la surface du sol SD3 pendant un an, et les résidus de Sulla ont été laissés sur la surface du sol SD7 pendant cinq ans. Ainsi, les quantités moyennes de matière sèche restantes sur la surface du sol sous SD3 et SD7 étaient 1450 kg ha<sup>-1</sup> et 4000 kg ha<sup>-1</sup>, respectivement. La teneur moyenne en carbone dans les résidus de culture et les apports de carbone-au sol dans les systèmes SD sont donnés dans le tableau 1.

**Tableau 1.** La teneur en carbone dans les résidus de récolte (g kg<sup>-1</sup>) et la moyenne des estimations des entrées de carbone au dessus du sol (t ha<sup>-1</sup>) dans les systèmes SD dans le site de Mateur.

	<b>Blé</b>	<b>Féverole</b>	<b>Sulla</b>	<b>SD3</b>	<b>SD7</b>
<b>COT (g Kg<sup>-1</sup>)</b>	534.7	538.7	525	-	-
<b>COT (t ha<sup>-1</sup>)</b>	0.27	0.24	0.37	0.78	2.11

COT: carbone organique total

Le deuxième site est situé dans une ferme (35°00'N, 8°31'E, 589m) située à Jebel Garn Halfaya au Nord Ouest de la Tunisie dans la délégation de Tadjerwin et appartenant au gouvernorat du Kef, appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride inférieur et où le dispositif expérimental se compose de trois parcelles voisines dont l'une est cultivée en rotation J/O alors que les deux restantes sont subdivisées en deux parcelles élémentaire avec une cultivée en SD et l'autre en SC. Le SD est appliqué depuis 2000 avec restitution depuis 2004 et les rotations de culture sont O/SD avec O/SC son équivalent en SC, et O/OD avec O/OC son équivalent en SC. Les résidus annuels ont été 40 kg ha<sup>-1</sup>, et 120 kg ha<sup>-1</sup> pour Sulla et orge, respectivement. Les résidus de sulla ainsi que ceux de l'orge ont été laissés sur la surface du sol de la parcelle O/SD pendant deux ans respectivement. Cependant, les résidus de l'orge ont été laissés sur la surface du sol de la parcelle O/OD pendant quatre ans, sur la surface du sol de la parcelle J/O pendant deux ans.

Ainsi, les quantités moyennes de matière sèche restantes sur la surface du sol sous O/SD, O/OD et J/O étaient 320 kg ha<sup>-1</sup>, 480 kg ha<sup>-1</sup> et 240 kg ha<sup>-1</sup> respectivement.

La teneur moyenne en carbone dans les résidus de culture et les apports de carbone-au sol dans les parcelles S/OD, O/OD et J/O sont donnés dans le tableau 2.

Le troisième site est situé dans la ferme expérimental de l'Institut Nationale Agronomique de Tunisie (INAT) à Mornag (36°41N, 10°19E, élév 18 m) dans le gouvernorat de Ben Arous, appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur où l'expérimentation est conduite sur un sol, de type peu évolué d'apport alluvial à caractère vertique (CPCS 1967) - FLUVIOSOL vertique (référentiel pédologique - AFES, 2009) - Vertic Xero Fluvent (Soil Taxonomy). Ce sol est cultivé en monoculture de blé dur, et subdivisé, durant 7 années successives, en trois traitements organiques SF40, SC40 et SC80 en plus du traitement témoin.

Les caractéristiques physico-chimiques de tous les sols étudiés sont portées dans le tableau 3.

**Tableau 2.** La teneur en carbone dans les résidus de récolte (g kg<sup>-1</sup>) et la moyenne des estimations des entrées de carbone au dessus du sol (t ha<sup>-1</sup>) dans les parcelles S/OD, O/OD et J/O.

	<b>Orge</b>	<b>Sulla</b>	<b>O/S</b>	<b>O/O</b>	<b>J/O</b>
<b>C OT(g Kg<sup>-1</sup>)</b>	525.3	525	-	-	-
<b>C OT(t ha<sup>-1</sup>)</b>	0.63	0.10	0.15	0.25	0.13

**Tableau 3.** Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés

Sites	Traitements	pH	CE mS/cm	CaCO3 a%	A%	L%	S%
Mateur	SC	7,64	0,23	12,75	26,54	47,56	20,96
	SD3	7,51	0,24	10,00	11,92	72,10	8,57
	SD7	7,29	0,31	7,00	15,77	65,45	12,31
	SD12	7,24	0,28	12,25	30,77	40,02	23,59
Momeg	ST	8,00	0,40	9,68	50,00	42,25	3,84
	SC40	8,20	0,40	8,81	40,77	48,18	6,87
	SC80	8,30	0,40	8,62	33,46	54,88	8,04
	SF40	8,10	0,40	9,25	43,85	47,19	5,15
Tajerwin	O/SC	7,42	0,32	4,06	32,50	49,29	16,6
	O/SD	7,50	0,71	3,50	40,00	40,29	17,7
	O/OC	7,28	0,93	2,94	53,00	33,39	11,86
	O/OD	7,12	1,15	5,97	53,00	29,24	15,02
	J	7,62	0,25	4,63	58,50	24,72	13,69

## 2.2. Echantillonnage et méthodes d'analyse

Dans le site de Mateur l'échantillonnage a été effectué en Avril 2007 quand la parcelle SD3 a été cultivée par le blé et la parcelle SD7 est cultivée par sulla. Dans le site de Garn Halfaya l'échantillonnage a été effectué en Décembre 2008. Alors que pour le site de Mornag, les échantillons du sol ont été prélevés en Novembre 2008, juste avant les apports organiques au sol (soit une année après les apports de la campagne précédente).

Pour le site de Mateur et Garn Halfaya, le prélèvement du sol dans l'horizon 0-20 cm est effectué selon la méthode du profil pédologique. Alors que pour le site de Mornag, l'échantillonnage au niveau des parcelles élémentaire a été effectué en X avec cinq prélèvements constituant un composite sur une profondeur de 0-20 cm.

Les caractérisations physico-chimiques du sol ont été réalisées sur des échantillons séchés à l'air et tamisés à 2 mm. La granulométrie a été réalisée par la méthode de sédimentation (pipette de Robinson). Le pH a été mesuré par la méthode électrométrique avec un rapport terre/eau de 1/2,5. La conductivité électrique a été mesurée dans une suspension du sol avec un rapport terre/eau de 1/5. Le carbone organique total a été déterminé par pyrolyse oxydative à 950°C au Carmhgraphe.

La densité apparente est déterminée directement sur le terrain en employant des cylindres métalliques de 176.6 cm<sup>3</sup> de volume qui sont enfoncés horizontalement dans chaque horizon. Le sol collecté dans les cylindres est séché à 105° pendant 48h puis pesé pour déterminer le poids sec. La densité apparente est calculée à partir du rapport poids sec/volume de cylindre.

La stabilité structurale a été mesurée au laboratoire avec la méthode de Henin et Monnier (1956) en déterminant l'indice d'instabilité structurale  $I_s$  qui s'exprime par la relation suivante :

$$I_s = \frac{(A_{ga} + A_{gb} + A_{ge})}{3} - 0.9 SG$$

Avec:

A<sub>ga</sub>: pourcentage d'agrégats obtenus après prétraitement à l'alcool,

A<sub>gb</sub> : pourcentage d'agrégats obtenus après prétraitement au benzène,

A<sub>ge</sub> : pourcentage d'agrégats sans prétraitement,

(A+LF) : plus grand pourcentage des éléments fins (0-20µm) obtenu pour un des trois prétraitements.

Les mesures des Ecc et Epfp ont été réalisées selon la méthode de chambre à pression où les pressions appliquées sont respectivement de l'ordre de 1/3 atm et 15 atm (soit 333hPa et 15000hPa).

L'EU a été calculé par la différence entre Ecc et Epfp.

### 2.3. Analyse statistique

Le logiciel XLSTAT ver. 5.03. a été utilisé pour l'analyse de variance (ANOVA) et le test de Newman and Keuls a été appliquée pour détecter les différences significatives entre les traitements avec un niveau de probabilité de 5% pour accepter ou rejeter l'hypothèse. Le Coefficient de corrélation de Pearson a été utilisé pour tester les relations entre le COT et les paramètres physiques du sol et l'analyse en composante principale (ACP) a été utilisée pour visualiser l'évolution des sols sous différents régimes de gestion de stock du COT.

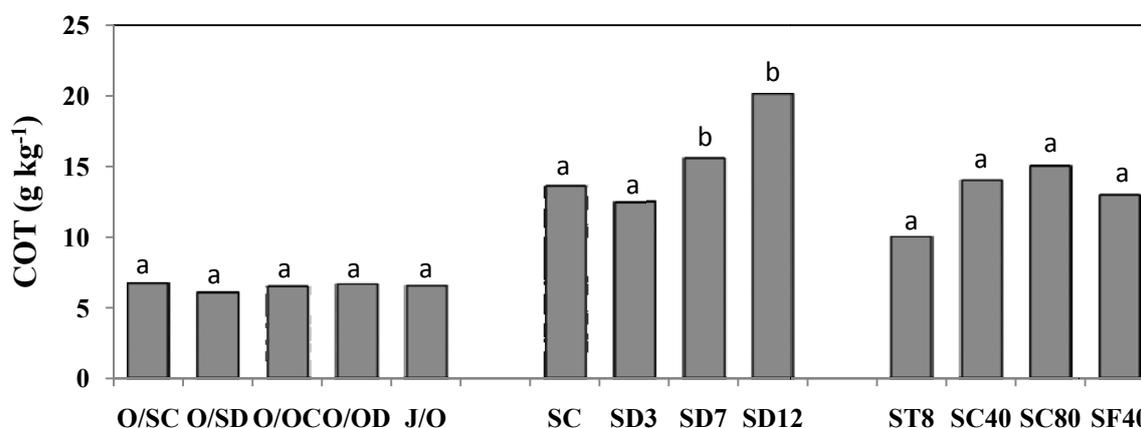
## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Contenu en carbone organique totale

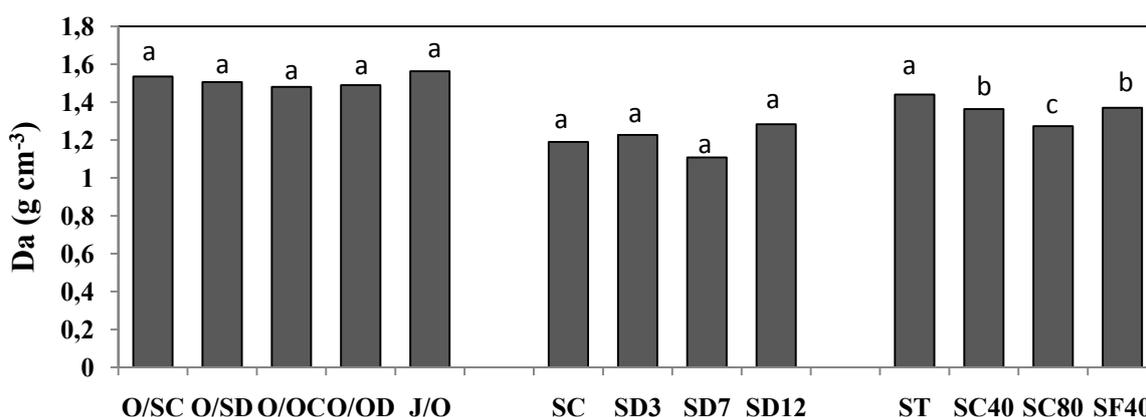
Dans le site de Garn Halfaya, le taux de COT est statistiquement similaire dans tous les traitements étudiés malgré qu'une légère diminution a été remarquée avec le traitement O/SD par rapport au traitement O/SC.

Dans le site de Mateur, le taux de COT sous SD7 et SD12 a augmenté significativement par rapport à SC (Fig. 1) ce qui rejoint les résultats de Bronick et al., (2005), Olson et al., (2005), Ming-Kui et Li-ping (2007) et Gurpreet et al. (2007). Alors que le taux de COT sous SD3 a diminué par rapport à SC mais avec aucune différence significative.

Dans le site de Mornag, malgré qu'aucune différence significative n'a été remarqué entre les traitements, SC40, SC80 et SF40 ont augmenté les teneurs du sol en COT en comparaison avec ST ce qui est en accord avec les résultats de Bastida et al. (2008), Fernández et al. (2007) et Hemmat et al. (2010). Les amendements organiques ajoutés au sol ont donc diminué le taux de décomposition de la matière organique ce qui laisse plus de carbone dans le sol. Cependant, c'est au niveau des sols de Mateur que les teneurs en COT sont les plus élevées.



**Figure 1.** Teneur du sol en COT à 0-20 cm de profondeur, pour chaque traitement dans les trois sites. Les bars marquées par des lettres différentes dans chaque site sont significativement différentes ( $P < 0.05$ ) selon le test de Newman-Keuls.



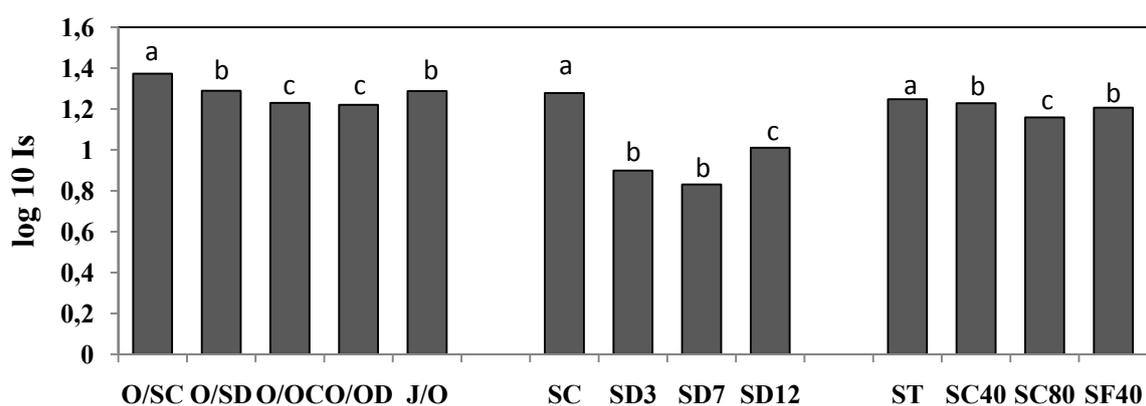
**Figure 2.** Valeur de Da à 0-20 cm de profondeur, pour chaque traitement dans les trois sites. Les bars marquées par des lettres différentes dans chaque site sont significativement différentes ( $P < 0.05$ ) selon le test de Newman-Keuls.

### 3.2. Densité apparente

Dans le site de Garn Halfaya le SD n'a aucune influence significative sur la Da (Fig. 2) vue que le taux de COT n'a pas varié significativement par rapport au SC (Fig. 1).

Par contre, dans le site de Mateur, bien qu'aucune différence significative n'a été observée entre les traitements (Fig. 2), SD7 a contribué le mieux à diminuer la Da par rapport à SC avec une valeur de Da égale à  $1,01 \text{ g/cm}^3$ . La diminution importante de la Da sous ce traitement semble être due à l'augmentation du taux de COT du sol suite à l'ajout de résidu de récolte à la surface du sol (Kharub et al., 2004; Tripathi et al., 2007). Ainsi, SD7 a reçu le maximum d'entrée de COT (Tableau 1). SD12 a donné la Da la plus élevée ce qui peut être due au tassement du sol suite à 12 années successives de pâturage.

Dans le site de Mornag, les traitements organiques SC40, SC80 et SF40 ont significativement diminué la Da du sol (Fig. 2). La plus faible valeur est obtenue avec SC80 ( $1,27 \text{ g/cm}^3$ ) contre  $1,44 \text{ g/cm}^3$  pour le sol sans apport. Dans ce cas le compost et le fumier avec leur teneur en COT élevée par rapport au témoin ont une action de structuration sur le sol qui a été déjà illustrée par les travaux de Keller et al (2007). Etant donné que la Da traduit l'état de compaction du matériau ou indirectement la porosité totale, sa diminution pour les sols étudiés induit l'amélioration de leur porosité totale.



**Figure 3.** Valeurs de l'Indice d'instabilité structurale pour la couche 0-20 cm dans les trois sites. Les bars marquées par des lettres différentes dans chaque site sont significativement différentes ( $P < 0.05$ ) selon le test de Newman-Keuls.

### 3.3. Indice d'instabilité structurale

Dans le site de Garn Halfaya, la valeur d'IS est comprise entre 1.22 et 1.29 pour les traitements O/SD, O/OC, O/OD et J/O ce qui traduit une bonne stabilité structurale du sol (Baize, 1998). Pour le traitement O/SC la valeur de IS est égale à 1.37 ce qui traduit une stabilité structurale médiocre du sol

(Baize, 1998). Par conséquent, l'application de SD n'a diminué significativement IS que dans la rotation O/S (Fig. 3). La rotation J/O a fourni au sol un IS statistiquement de même ordre que celui procuré par SD sous O/S.

Dans le site de Mateur, IS est de l'ordre de 1.28 sous SC traduisant une structure stable du sol. Sous SD3, SD7 et SD12, il est de l'ordre de 0.9, 0.83 et 1.01 respectivement. La structure du sol est donc stable sous SD12 à très stable sous SD3 et SD7 (Baize, 1998). Le SD a donc diminué significativement IS par rapport à SC (Fig. 3). En effet, le sol en semis direct ayant reçu à la surface les résidus de récolte, sa teneur en carbone organique est élevée et par conséquent la stabilité structurale des agrégats est améliorée. Ces résultats sont en accord avec les résultats observés par (Blanco-Canqui and Lal, 2007); Filho et al. (2002) et Keller et al. (2007), dans d'autres régions semi-arides.

Cependant, les amendements organiques appliqués au sol de Mornag ont entraîné une diminution de la valeur d'IS par rapport au témoin qui n'est significative qu'avec le SC80. En effet, le sol sans amendement présente une valeur de l'indice d'instabilité exprimée en  $\log_{10} I_s$  de 1.34. Pour le compost, la valeur diminue significativement à 1.27 pour un amendement de 80 t/ha et à une valeur de 1.3 pour une dose de 40 t/ha. Ce qui montre qu'il y a un effet dose. Pour le fumier la valeur de l'indice d'instabilité  $I_s$  est de même ordre de grandeur que le sol témoin. Selon la classification de Baize (1998), le sol témoin a une classification peu stable, les sols du traitement SC40 et SF40 ont une structure stable alors que le sol du traitement SC80 a une structure très stable. Par conséquent, l'apport des amendements organiques au sol a amélioré sa stabilité structurale ; ces résultats sont en accord avec ceux présentés par Benito and Diaz-Fierros (1992), Chenu et al. (2000), Puget et al. (2000), Tejada et Gonzalez (2003, 2004, 2007) qui ont trouvé que l'amélioration de la structure est le résultat de l'action conjuguée de la quantité et la qualité de la matière organique qui favorise la liaison entre les particules.

### 3.4. Teneurs en eau caractéristiques

Au niveau des sols de Mateur, les teneurs en Ecc et Epfp ont augmenté sous SD3, SD7 et SD12 par rapport à SC avec des teneurs significativement plus élevée avec SD3. Alors que pour les teneurs en EU ont diminué significativement sous SD3 et SD7 mais d'une manière plus remarquable sous SD7. SD12 a donné la teneur en EU la plus élevée. Ce résultat est très consistant avec les résultats de Da. En effet, le taux de matière organique élevé dans l'horizon de surface a contribué d'avantage à la formation des agrégats ce qui s'est traduit par l'amélioration de la structure et par conséquent l'augmentation de la macroporosité. Ainsi les macro-pores créés en plus de la texture grossière originale du sol (Tab. 3) ont augmenté le drainage profond et comme résultat peu d'eau peut être stockée dans le sol. SD12, ayant la Da et la fraction fine la plus élevée (Tab. 3), fait augmenter la teneur du sol en EU. De ce fait l'eau disponible pour les plantes diminue en quantité pour le SD7 mais son utilisation serait plus facile ce qui est le contraire pour SC, SD3 et SD12.

Les résultats obtenues pour le site de Morneg, montrent que SC40 et SC80 ont diminué la teneur du sol en Ecc et Epfp par rapport à SC alors que SF40 a augmenté significativement l'Ecc et a donné une Epfp de même ordre que SC. L'EU a augmenté significativement par les amendements organiques mais d'une manière plus remarquable avec SF40.

L'augmentation de l'EU avec les traitements organiques n'est pas en accord avec les résultats de Da qui induisent une augmentation de la porosité des sols amendés par rapport au sol témoin et par conséquent une diminution des capacités de rétention en eau. Dans ce cas, l'importance de l'EU n'est fonction que du taux d'argile et limon du sol initialement élevés (Tab. 3) mais la diminution de la Da et l'IS structurale du sol sera fort probablement due à une transformation d'une partie de la porosité fine en macroporosité. En conséquence l'EU dans le sol de Morneg sera de plus en plus facilement extraite par les plantes avec l'application des amendements organiques.

Dans l'ensemble, les teneurs en eau les plus importantes sont rencontrées avec les sols de Morneg alors que les valeurs les plus faibles sont rencontrées avec les sols de Garn Halfaya à texture moyennement grossière.

**Tableau 4.** Teneurs de l'horizon 0-20 cm, en Ecc, Epfp et EU dans les trois sites d'étude.

Site	Traitements	Ecc (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Epfp (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	EU (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )
Mateur	SC	0.281A	0.233A	0.048A
	SD3	0.379B	0.336B	0.043AB
	SD7	0.327AB	0.290B	0.037B
	SD12	0.298AB	0.246A	0.052A
Morneg	ST	0.331A	0.302A	0.029A
	SC40	0.327A	0.286B	0.041B
	SC80	0.306B	0.255C	0.051C
	SF40	0.356C	0.301A	0.055D
Tajerwin	O/SC	0.296A	0.233A	0.062A
	O/SD	0.285A	0.225A	0.060AB
	O/OC	0.306A	0.245AB	0.061AB
	O/OD	0.306A	0.253B	0.053B
	J/O	0.308B	0.305C	0.003C

Pour chaque site, les valeurs dans la même colonne marquées par des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5% (test Newman-keuls)

### 3.5. Relation entre le carbone organique et les différents paramètres physiques du sol

La corrélation de Pearson entre le taux de carbone organique du sol et la densité apparente est négative et hautement significative ( $r = -0.673$ ,  $p < 0.01$ ,  $n=13$ ) ce qui montre que la variation de la densité apparente du sol est fortement liée à celle du carbone organique (Tab. 4). Ainsi, lorsque le taux de COT augmente, la Da du sol diminue. Récemment, Xiao-Gang Li et al (2007) ont trouvé une relation significative entre la Da et le COT du sol. De même une corrélation négative et significative ( $r = -0.624$ ,  $p < 0.05$ ,  $n=13$ ) est trouvée entre le COT et Is ce qui montre que l'agrégation du sol est une fonction positive de la teneur du sol en carbone. Ces résultats sont en accord avec ceux de Tisdall and Oades (1982), Li et al. (2007) et Madari et al. (2005) qui ont trouvé une importante corrélation positive ( $r > 0.80$ ) au niveau 0-5 cm de profondeur de sol entre l'indice d'agrégation et le COT. Cependant, aucune relation significative mais positive n'est observée entre le COT et l'EU.

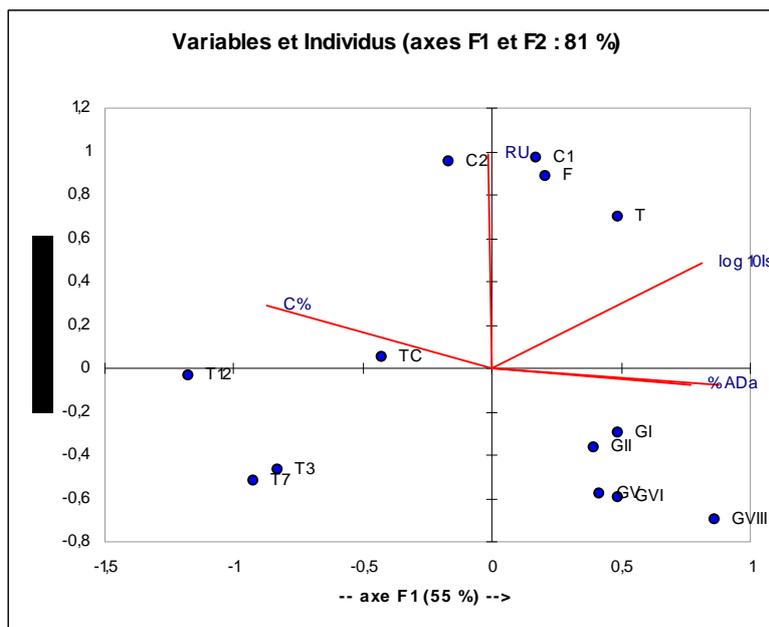
**Tableau 4.** Coefficient de Corrélation de Pearson entre le carbone organique et les paramètres physiques du sol étudiés

*En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral)*

	COT%	Da	log 10Is	EU
COT%	1	<b>-0,673</b>	<b>-0,624</b>	0,296
Da	<b>-0,673</b>	1	<b>0,650</b>	-0,099
log 10Is	<b>-0,624</b>	<b>0,650</b>	1	0,414
RU	0,296	-0,099	0,414	1

### 3.6. Analyse multi-variable

La figure 1 montre la distribution des différents traitements dans les deux premières composantes principales. Les variables qui ont une forte contribution à la première composante principale sont le COT, la Da, Is et le taux d'argile. Donc la première composante principale est fortement dépendante de ces paramètres. Alors que la deuxième composante principale est strictement dépendante de la RU. L'ACP montre que la variance entre les deux premières composantes principales est de 81 %, ainsi 55% de variation entre les traitements est lié à la première composante principale. De plus l'ACP montre que les sols étudiés sont répartis en trois groupes d'individus relatifs à leur mode d'exploitation. Les sols de Mateur fortement dépendants du COT, les sols de Tajerwin de Da et % d'argile alors que les sols de Morneg de l'EU.



**Figure 4.** Analyse en composante principale de tous les traitements étudiés en fonction du carbone organique total (COT %), de la densité apparente (da), de l'indice d'instabilité structurale (log 10 Is), la réserve d'eau utile (RU) et le taux d'argile (% A).

#### 4. CONCLUSION

Pour tous les sols étudiés, les résultats montrent que l'apport de matière organique, que se soit sous forme d'amendement ou restitution, augmente les teneurs en COT du niveau 0-20 cm et améliore sa stabilité structurale. La structure la plus stable est obtenue avec les sols de Mateur en SD. Toutefois, pour tous les traitements envisagés, une corrélation négative très importante a été signalée entre le taux de COT et la Da et l'IS du sol. Alors qu'aucune corrélation n'a été établie entre le COT et l'EU. Cette EU se trouve plus élevée avec les sols de Morneg à texture fine. Ainsi, le recours à la gestion du stock du carbone organique dans les sols étudiés afin de restaurer leur qualité physico-chimique, peut en quelque sorte améliorer certains paramètres qui dépendent fortement du COT comme la stabilité structurale mais non tous les propriétés surtout celles qui dépendent d'autres facteurs comme l'EU qui s'est avérée fonction de la texture du sol. Dans ce cas, le mode de gestion du carbone organique n'est pas le facteur limitant qui influe sur la qualité du sol, il faut donc étudier son interaction avec d'autres facteurs tels que le type de sol et à savoir le climat et la qualité de la matière organique.

#### 5. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Projet d'Appui au Développement de l'Agriculture de Conservation (PADAC) en Tunisie, pour le financement de ce travail.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abid M. et Lal R. (2008) : Tillage and drainage impact on soil quality. I. Aggregate stability, carbon and nitrogen pools. Soil and Tillage Research. 100. 89-98.
- Baize D. (1998) : Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Paris.
- Bastida F., Kandeler E., Moreno J.L., Ros M., Garcia C., Hernandez T., (2008) : Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. Applied Soil Ecology. 40, 318 - 329.
- Bastida F., Zsolnay A., Hernandez T. et Garcia C. (2008) : Past, present and future of soil quality indices : A biological perspective. Geoderma 147, 159-171.
- Benito E., Diaz-Fierros F., 1992 – Effect of cropping on the structural stability of soils rich in organic matter. Soil Till. Res. 23, 153–161.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R. (2007) : Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. Soil Till. Res. 95, 240–254.

- Bronick, C.J., Lal, R. (2005) : Manuring and rotation effects on soil organic carbon concentration for different aggregate size fractions on two soils in northeastern Ohio, USA. *Soil Till. Res.* 81, 239–252
- Chenu C., Le Bissonais Y., Arrouays D. (2000) : Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 1479–1486.
- Fernández JM., Hernández D., Plaza C., Polo A. (2007) : Organic matter in degraded agricultural soils amended with composted and thermally-dried sewage sludge. *Science of the Total Environment.* 378, 75 - 80.
- Gurpreet S., Jalota S.K., Yadvinder S. (2007) : Manuring and residue management effects on physical properties of a soil under the rice–wheat system in Punjab, India *Soil & Tillage Research* 94 (2007) 229–238
- Hati K. M., Swarup A., Mishra B., Manna M.C., Wanjari R.H., Mandal K.G. et Misra A.K. (2008) : Impact of long-term of fertilizer, manure and lime under intensive cropping on physical proprieties and organic carbon content of an alfisol. *Geoderma.* 148. 173-179.
- Hemmat A., Aghilinategh N., Rezainejad Y., Sadeghi M. (2010) : Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. *Soil and Tillage Research.*108, 43 - 50.
- Hénin, S., Monnier, G. (1956) : Evaluation de la stabilité de la structure du sol. VI Congr. Sci. Du Sol. Paris, pp. 49–52.
- Hernanz, J.L., Lo´pez, R., Navarrete, L., Sa´nchez-Giro´n, V. (2002) : Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil Till. Res.* 66, 129–141.
- Keller T., Arvidsson J., Anthony R., Dexter, (2007) : Soil structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. *Soil & Tillage Research* 92 (2007) 45–52
- Kharub, A.S., Sharma, R.K., Mongia, A.D., Chhokar, R.S., Tripathi, S.C., Sharma, V.K. (2004). Effect of rice (*Oryza sativa*) straw removal, burning and incorporation on soil properties and crop productivity under rice–wheat (*Triticum aestivum*) system. *Indian J. Agric. Sci.* 74, 295–299.
- Ming-Kui Z., Li-ping F. (2007) : Effect of tillage, fertilizer and green manure cropping on soil quality at an abandoned brick making site *Soil & Tillage search* 93 (2007) 87–93.
- Olson, K.R., Langa J.M., Ebelhar, S.A., (2005) : Soil organic carbon changes after 12 years of no-tillage and tillage of grantsburg soils in southern Illinois. *Soil Till.Res* 81, 217–225.
- Puget P., Chenu C., Balaesdent J. (2000) : Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *Eur. J. Soil Sci.* 51, 595–605.
- Riley H., Pommeresche R., Eltun R., Hansen S. et Korsaeath A. (2008) : Soil structure, organic matter and earthworm activity in comprison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agriculture Ecosysteme and Environment.* 124, 275-284.
- Tejada M., Gonzalez J.L. (2003) : Effects of the application of a compost originating from crushed cotton gin residues on wheat yield under dryland conditions. *Eur. J. Agron.* 19, 357–368.
- Tejada M., Gonzalez J.L. (2004) : Effects of application of a byproduct of the two-step olive oil mill process on maize yield. *Agron. J.* 69, 692–699.
- Tejada M., Gonzalez J.L. (2007) : Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain.*Soil & Tillage Research* 93 (2007) 197–205.
- Tripathi, R.P., Sharma, P., Singh, S. (2007) : Influence of tillage and crop residues on soil physical properties and yields of rice and wheat under shallow water table conditions. *Soil Till. Res.*92, 221–226.
- Xiao-Gang Li, Feng-Min Li, Rengel Zed, Zheng-Yan Zhan, Bhupinderpal-Singh, (2007) : Soil physical properties and their relations to organic carbon pools as affected by land use in an alpine pastureland. *Geoderma* 139 (2007) 98–105.



## Aspects agronomiques et environnementaux de certains amendements de sols dans une perspective de durabilité

Naïma Kolsi Benzina, Ben Hadj Zina, Imen  
Institut National Agronomique de Tunisie, 43, Av. Charles Nicole 1082 Tunis Mahrajène, Tunisie  
Auteur correspondant : email kolsinb@yahoo.com

### RESUME

Dans une perspective de récupération de tout résidu de ressource, des déchets et sous produits sont remis dans l'écosystème dans l'optique de leur valorisation. Nombreux de ces sous produits ont un effet positif sur la fertilité des sols et leur productivité. La comptabilité de leurs effets environnementaux est essentielle dans une perspective de durabilité et de protection de l'environnement mais elle est complexe et sa prise en compte reste difficile. Le présent travail s'insère dans l'étude des possibilités de valorisation agronomique du phosphogypse (PG), sous produit phosphatier, riche en soufre et contenant encore du phosphore mais aussi des résidus de métaux lourds. Cet article a pour objectif d'élucider les résultats en sols forestiers légèrement acides et contaminés (3,5 ppm Cd) de Nefza. Quatre doses de PG (0, 2, 4, et 8 t/ha) sont utilisées in situ, en pôts de culture et sur colonnes, avec ou sans litière. Le PG semble améliorer la perméabilité du sol in situ et n'y a pas amené de supplément significatif de cadmium.

La lixiviation du P et du Cd est observée principalement dans les premiers percolats des colonnes irriguées. Mais ni la dose de PG, ni la présence ou non de litière n'ont eu un effet sur la quantité percolée de Cd. Sur sol incubé, le PG retarde la minéralisation de la matière organique du sol ce qui traduit son effet stabilisateur et en faveur de la séquestration du carbone. Pour la laitue en pots, la dose D8 a augmenté la teneur en P des feuilles. Mais aucune des doses de PG n'en a augmenté significativement la teneur en Cd. Les amendements en PG n'ont donc pas eu, à ce niveau, d'effet environnemental négatif.

**Mots clés :** phosphogypse, valorisation, environnement, sol, laitue

### SUMMARY

In the perspective of reuse any remaining resource, many wastes and by-products are used in the ecosystem aiming their recovery. Positive effect on soil fertility and productivity where shown for many of these products. Accounting their environmental effects is essential in the perspective of sustainability and environmental protection but it is complex and its coverage is still difficult. As phosphates by product, phosphogypsum (PG) still contains S and P but also heavy metals. This research is included in the PG agronomic valorization Tunisian studies.

This paper shows results on PG amendment on forest, slightly acidic and contaminated soil (3.5 ppm Cd) from Nefza. Four PG rates equivalent to 0, 2, 4 and 8 tons/ha are used on field, on columns and on potted lettuce, with or without litter. On field, PG has contributed to a slight improvement of soil permeability, and no Cd significant enhance is shown. P and Cd are mainly observed in first irrigated columns leached waters. Neither PG, nor litter, has an effect on Cd percolated amount. On incubated soil, phosphogypsum delays soil organic matter mineralization; it has then stabilizing effect and promotes carbon sequestration. For lettuce in pots, the highest rate (D8) has improving leaves phosphorus content. No PG rate has significantly increased leaves Cd content. PG amendments have therefore no significant adverse environmental effects.

**Keywords:** phosphogypsum, recovery, environment, forest soil, lettuce

### 1. INTRODUCTION

Durant le 20<sup>ème</sup> siècle, et principalement dans sa dernière partie, l'homme s'est efforcé à produire plus dans une agriculture qui est devenue exportatrice. L'équilibre de la fertilité des sols s'est rompu. Malgré l'ère industrielle qui a fabriqué des engrais chimiques pour répondre aux besoins des plantes, le sol se trouve appauvri. Les régions arides et semi arides sont des plus touchées par cet appauvrissement et ce déséquilibre. En outre, ces régions sont des plus affectées par la démographie galopante donc par les besoins accrus en aliments. La Tunisie est un exemple vivant de cet état de fait.

A côté de la désertification qui en a touché une grande superficie, les sols agricoles se retrouvent avec des teneurs en MO presque toujours en dessous de 1%.

La récupération de tout résidu à valeur fertilisante était alors essentielle. Si le fumier est le résidu de base utilisé en agriculture, il reste rare et ses quantités disponibles n'ont pu répondre aux besoins des terres cultivées. Les composts de résidus de cultures ou d'ordures ménagères, et les boues résiduaires, comportant des teneurs appréciables en MO ont constitué une solution adoptée par plusieurs pays. D'autres amendements chimiques tels des résidus d'industrie ont aussi constitué des ressources pour améliorer la fertilité des sols.

En Tunisie, les phosphates constituent la principale richesse minière. Une grande partie est transformée en acide phosphorique et en engrais dans les usines du groupe chimique (GCT, 2006). Cette production provoque la formation d'un sous produit, le phosphogypse (PG). Elle est estimée à 10 millions de tonnes par an pour l'ensemble des usines de production d'acide phosphorique tunisiennes (Sfar Felfoul *et al.*, 2002). Si ce PG contient encore des éléments nutritifs essentiels tels le S et le P, il contient aussi un certain nombre d'impuretés tels des éléments trace métalliques (ETM) (Cd, Pb, Zn, As...), le fluor, la radioactivité (uranium et radium). Les problèmes de pollution causés par ce produit ont été évoqués par plusieurs auteurs (Davister, 1998; Haridasan *et al.*, 2002; Kirkham, 2006).

La gestion du phosphogypse est réalisée soit par son rejet en mer soit par son stockage en teruil au voisinage de l'usine de production qui reste le principal mode de gestion. L'institut FIPR a réalisé plusieurs études sur la valorisation agronomique de ce sous produit (1996). La possibilité de sa valorisation en agriculture en Tunisie est en phase d'étude. Cette valorisation doit prendre en compte à côté des aspects positifs de son utilisation en agriculture, les risques environnementaux liés à cette utilisation.

L'actuel travail étudie la possibilité de valorisation du phosphogypse en sols acides forestiers donc pauvres et marginaux. Mais si, de tels résidus peuvent constituer des valeurs fertilisantes appréciables pour la production agricole (Cescas, 1999), ces résidus semblent comprendre certains risques environnementaux qui doivent être pris en compte.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Le sol

Le sol des divers essais provient d'un site expérimental situé, sur une pente de montagne à Nefza, ville du nord-ouest de la Tunisie appartenant au gouvernorat de Béja (Figure 1).



Figure 1. Situation du site expérimental de Nefza (Ennajah *et al.*, 2010)

C'est un sol forestier à texture argileuse, à pH légèrement acide (6,39) et riche en matière organique (Tableau 1). Les analyses de sol et de plante sont effectuées selon les méthodes de Pauwels et al. (1992).

**Tableau 1.** Caractéristiques physico-chimiques du sol initial

Paramètres mesurés	0-20		20-40		40-60	
	moyenne	ET	moyenne	ET	moyenne	ET
Argile (%)	35,0					
Limon (%)	32,3					
Sable (%)	32,7					
Texture (Triangle USA)	Argileuse					
Calcaire total (%)	0					
Azote total (%)	1,91					
Carbone organique (%)	2,57					
Perméabilité K (cm/h)	5,86					
Capacité au pot (%)	44					
Densité apparente	1,2					
pH	6,48	0,29	6,57	0,04	6,63	0,15
Conductivité Electrique extrait 1/5 (dS/m)	0,05	2,12	0,03	0,47	0,03	0,61
MO (%)	6,14	0,29	2,94	0,79	1,32	0,43
CEC (meq/100g)	2,59	0,28	1,33	0,10	-	-
Phosphore assimilable (ppm)	28,63	1,76	26,23	3,60	29,57	1,40
Cd (ppm)	3,70	0,60	4,70	2,10	3,70	1,50

## 2.2. Les amendements et les protocoles expérimentaux

### 2.2.1. Les amendements

Le phosphogypse de l'usine de Sfax est utilisé en tant qu'amendement aux doses de 0, 2, 4 et 8t/ha. Sa composition chimique (tableau 2) montre qu'il peut encore constituer une source de nutriments, particulièrement en soufre, en calcium et en phosphore.

**Tableau 2.** Composition chimique typique d'un phosphogypse dihydraté (\*) et teneurs en métaux lourds et en éléments traces du phosphogypse de Tunisie (\*\*)

*Elément (%)		**Métaux (ppm)		
	Charfi (1999)		Choura (2008)	Sfar Felfoul et al. (2004)
CaO	32,5	Cd	12,5	7,5
SO <sub>3</sub>	44,00	Cr	20	14,8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,65	Pb	5	1,8
F	1,2	Sr	110	1247
SiO <sub>2</sub>	0,50	Th	2	1,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	Zn	75	46,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10			
MgO	0,10			
H <sub>2</sub> O	19			

La litière, collectée sous forêt dans le site de Nefza, est utilisée, après séchage et broyage puis tamisage à 5 mm, à une dose équivalente à la charge naturelle en litière, mesurée sous forêt soit 16,08 (± 2,59) t MS/ha. La teneur de la litière en matière organique est élevée et égale à 67,13 %. Son pH est de 6,32 (± 0,04) ; sa teneur en phosphore assimilable est égale à 0,08 % (±0,005). Sa teneur en cadmium est de 3 ppm.

### 2.2.2. Les protocoles expérimentaux

Les essais expérimentaux sont effectués in situ, au laboratoire ou en pots de culture, sur le sol de surface 0-20 cm. Les protocoles et objectifs sont résumés au tableau 3.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Effet du PG sur les propriétés d'un sol forestier

##### 3.1.1. Effet sur les propriétés générales

Des effets améliorateurs du PG sur la perméabilité ont été observés sur des sols salés calcaires où le Ca du phosphogypse s'échange sur le complexe adsorbant avec le Na entraînant une meilleure structure et donc une meilleure perméabilité (Béjaoui, 2010). Ceci n'est pas notre cas avec le sol acide non salé de Nefza. Ce sol est déjà très perméable et le PG n'a pas entraîné d'effet significatif sur ce paramètre. La conductivité électrique du sol augmente légèrement avec l'apport des différentes doses de phosphogypse mais n'est significative que pour la dose D8 appliquée en surface sans mélange avec le sol.

Sur les 3 profondeurs étudiées (0-20, 20-40, 40-60 cm), le pH du sol initial est légèrement acide variant entre 6,09 et 6,63. Toutes profondeurs confondues, seule la dose D8 a entraîné une diminution significative de pH ; celle-ci s'expliquerait par l'acidité introduite par le phosphogypse très acide (pH = 3,29).

Toutes doses confondues, c'est la profondeur de surface (0-20 cm) qui a la capacité d'échange cationique (CEC) significativement la plus élevée variant de 2,59 à 4,46 meq/100g sol. Mais l'effet dose n'est pas significatif sur la CEC du sol.

##### 3.1.2. Effet sur le P dans le sol in situ

Dans l'essai in situ, aucun effet dose n'est détecté sur la teneur en P assimilable du sol. La dynamique du P est très complexe et résulte de trois processus simultanés. Le premier exprime la lixiviation du phosphore du sol légèrement acide sous les conditions naturelles (pluie). Le deuxième traduit l'augmentation du P assimilable suite à l'apport de PG. Mais cet apport reste négligeable devant la teneur initiale du sol. Le troisième inclut la précipitation du P du sol avec le calcium du PG. Malgré cette complexité, nous n'avons pas décelé d'effet profondeur, toutes doses confondues et le profil reste homogène pour le P assimilable.

**Tableau 3.** Récapitulation des essais des amendements par le phosphogypse (PG) et de leurs protocoles expérimentaux

Objectif de l'essai	Traitements	PG (t/ha)	Litière (t/ha)	Sols	Temps de réaction	Paramètres mesurés (Sol, plante)
Effet du PG sur les propriétés du sol	T	0	0	- Sol nu - in situ - parcelles élémentaires de 1 m <sup>2</sup>	6 mois	-Perméabilité K - pH - CE - CEC - P <sub>assimilable</sub> , - Cd total
	D2	2	0			
Effet du PG sur une laitue <i>Lactucasativa</i>	D4	4	0	- sol de surface (0-20 cm) - pots de 2,5kg	2 mois	- nombre de plants réussis, - nombre de feuilles - teneur en matière sèche - teneur en P - teneur en Cd
	D8	8	0			
Mobilité et transfert du Cd et du P suite à des irrigations	TL	0	16,08	Colonnes de 20 cm de sol : Doses mélangées aux 10 cm superficiels	3 semaines	P et Cd dans les percolats
	D2L	2	16,08			
Minéralisation de la MO	D4L	4	16,08	Incubation de sol (0-20 cm) à 30°C et 30 % d'humidité	60 jours	CO <sub>2</sub> dégagé
	D8L	8	16,08			

##### 3.1.3. Effet sur le Cd total dans le sol in situ

Les teneurs totales du sol en cadmium le long du profil du sol permettent de mieux appréhender le processus de contamination cadmique du sol et son ampleur. Cette contamination constitue un risque

potentiel de transfert vers les nappes et les plantes ce qui peut entraîner la contamination de la chaîne alimentaire.

Pour le sol témoin, et sur les 3 niveaux (0-20, 20-40 et 40-60 cm) du sol, la teneur en Cd dépasse déjà 2 ppm, norme fixée par AFNOR (1985) (tableau 1). Ce Cd provient de l'altération du matériel parental qui correspond au dôme triasique comportant un fond pédo-géochimique riche en métaux, la zone d'étude étant proche de l'ancienne mine de Tamra, mine de fer associée à plusieurs métaux dont le Cd (Ben Aissa, 1993).

Selon Huguet (2009), la MO modifie les propriétés de sorption des minéraux en complexant fortement certains cations comme le Cd ou le Cu. Ceci nous aurait donné de plus fortes teneurs en Cd à la surface du sol qui est plus riche en MO (Tableau 1) ; ce qui n'est pas le cas. En réalité, la matière organique de la surface serait encore sous forme brute, sans forte adsorption de Cd

L'apport de PG n'a pas augmenté significativement les teneurs du sol en Cd. D'ailleurs, à la dose la plus élevée de 8t PG/ha, le supplément apporté par le PG est de 0,027ppm Cd soit seulement 0,7% de la teneur initiale du sol en Cd.

### 3.2. Mobilité du P et du Cd dans des colonnes de sol irriguées

#### 3.2.1. P percolé

L'objectif est de déterminer s'il y a un effet de l'amendement PG sur la mobilité du P du sol. Trois irrigations successives équivalentes chacune à un mois de pluie (450 ml/colonne/irrigation), sont effectuées. Du P est récupéré dans les percolats suite à chaque irrigation. Le témoin non traité par le PG libère déjà, suite aux simples irrigations, des quantités de P. Cet effet libérateur de P, d'une simple irrigation, est déjà montré par Kolsi (1999) dans des sols calcaires.

La quantité de P récupérée dans les percolats varie entre 0 et 0,0754 mgP/1400g sol, mais aucun effet dose ni d'effet litière n'est détecté.

En absence de litière, la quantité récoltée reste significativement plus élevée dans la première percolation. Alors qu'en présence de litière elle l'est pour la troisième percolation (figure 2). Il y aurait un processus de complexation du P avec la MO et/ou avec le Ca du PG qui limiterait ou bloquerait la dynamique du phosphore, à l'échelle du temps de notre expérience (3 semaines).

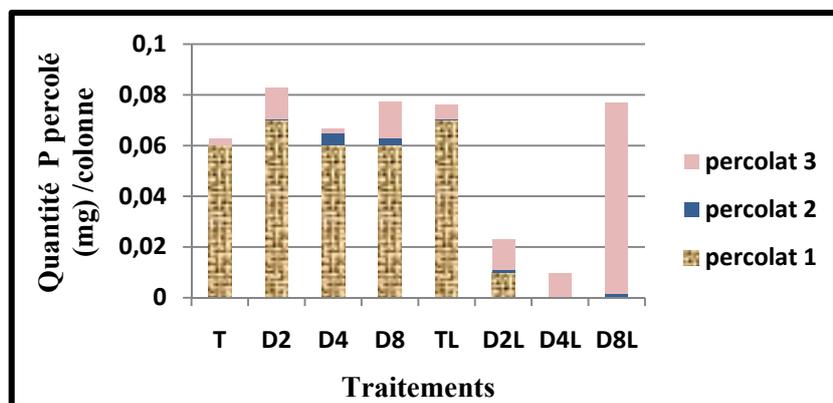


Figure 7. Quantité de phosphore percolé après chacune des 3 irrigations pour les doses de phosphogypse en absence de litière 0 (T), 2 (D2), 4(D4) et 8 (D8) tonnes de PG/ha ou en présence de litière (L)

#### 3.2.2. Cd percolé

Les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas d'effet dose de PG sur la quantité de Cd percolé que ce soit en présence ou en absence de litière et dans tous les extraits percolés. La quantité de Cd est significativement la plus élevée dans la première percolation pour toutes doses confondues et pour tous apports de litière confondus. Il y aurait donc du Cd sous forme labile dans le sol qui serait rapidement solubilisé et percolé (figure 3). En effet, dans les sols acides, les éléments trace métalliques ont une bonne disponibilité chimique donc une bonne solubilité (Zarrouk, 2011).

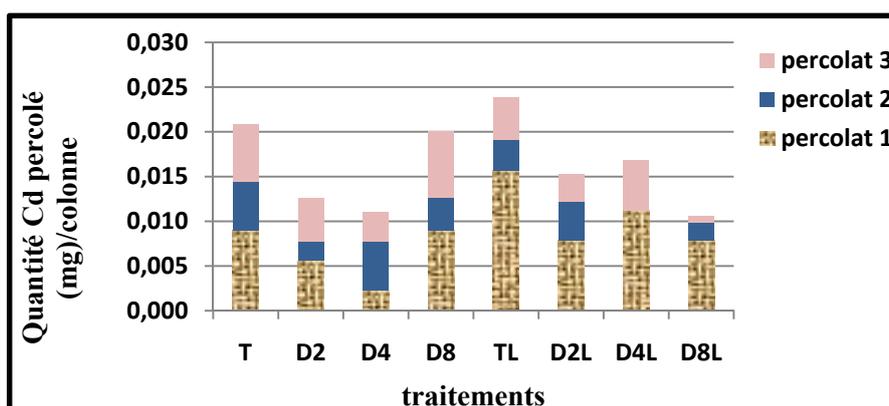


Figure 3. Quantité de cadmium percolé après 3 irrigations pour les différentes doses de phosphogypse en absence de litière (T), 2 (D2), 4(D4) et 8 (D8) tonnes de PG/ha ou en présence de litière (L)

Nous avons évalué l'importance des sorties de Cd dans les percolats par rapport aux sources possibles d'entrées de Cd (tableau 4). Ces entrées sont le sol, la litière et le PG. Nous avons traduit les résultats par hectare pour visualiser les quantités, grandeur nature, des lixiviations de Cd vers la profondeur du sol et évaluer la conséquence environnementale d'un amendement en PG en présence ou non de litière.

Tableau 4. Entrées et sorties en gramme de cadmium par hectare

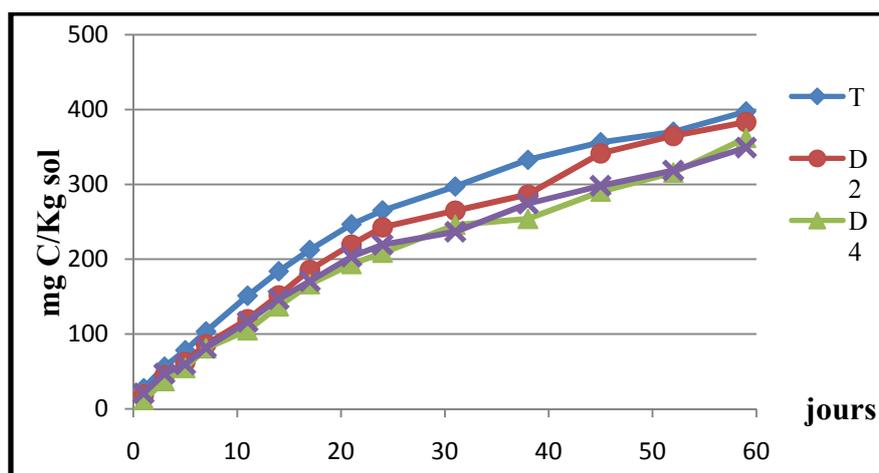
Traitement	Entrées en Cd				Sorties de Cd	Taux de percolation de Cd (%)
	PG	Sol initial	Litière	Total	3 Percolats	
T	0	5350	0	5350	26,64	0,50
D2	20	5350	0	5370	15,98	0,30
D4	40	5350	0	5390	14,07	0,26
D8	80	5350	0	5420	25,54	0,47
TL	0	5350	32,10	5382,1	30,37	0,56
D2L	20	5350	32,10	5402,1	19,45	0,36
D4L	40	5350	32,10	5422,1	21,54	0,40
D8L	80	5350	32,10	5442,1	13,54	0,25
moyenne						0,39

Que le sol soit traité ou non par la litière, l'ajout de phosphogypse semble diminuer les quantités de Cd percolé mais de façon non significative. Le PG réduirait la mobilité et la disponibilité chimique du Cd. Mais le taux de percolation reste très faible pour tous les traitements (entre 0,25 et 0,56%) ce qui minimise le risque environnemental lié au Cd. En moyenne, il y a seulement 0,39 % du contenu cadmique de la colonne qui est concerné par les percolations. Ceci confirme nos résultats in situ où le profil cadmique du sol n'a montré aucune mobilité de Cd en profondeur.

### 3.3. Effet du PG sur l'activité biologique du sol

L'activité biologique du sol est estimée ici par la mesure de la libération du dioxyde de carbone résultant de la minéralisation de la matière organique suite à l'effet d'un amendement minéral (phosphogypse), avec ou sans litière ajoutée à un sol forestier acide à texture argileuse. L'humidité et la température, facteurs les plus déterminants de l'activité des microorganismes, sont contrôlés et maintenus successivement, égaux à 30% et 30°C.

La vitesse de minéralisation est maximale pour le témoin T (Figure 4).



**Figure 4.** Carbone minéralisé suite à l'amendement avec différentes doses du phosphogypse 0 (T), 2 (D2), 4 (D4) et 8 (D8) tonnes de PG/ha dans le sol forestier de Nefza

L'ajout de phosphogypse (D4 et D8) dans le sol diminue la quantité de carbone minéralisé par rapport au témoin (T) non traité en phosphogypse, et par rapport à la dose D2.

L'acidification relative du sol par la dose D8 expliquerait cette diminution; le pH du sol passe en fait de 6,48 pour le sol témoin à 5,78 pour la dose D8. Ainsi, le PG réduit l'activité biologique des microorganismes. Ce résultat est en accord avec ceux de Zoghalmi (2006) qui a montré que la minéralisation d'un sol forestier est d'autant moins importante que le pH est bas.

Les paramètres de la minéralisation du carbone selon la cinétique de premier ordre (équation 1) sont écrits selon le modèle exponentiel et décrits par plusieurs auteurs dont Jedidi (1998)

$$C_t = C_0 (1 - e^{-kt}) \quad (1)$$

Avec  $C_t$  : carbone cumulé minéralisé au temps  $t$  exprimé en  $\text{mg C kg}^{-1}$

$C_0$  : potentiel de carbone minéralisable exprimé en  $\text{mg C kg}^{-1}$

$k$  : constante de la minéralisation exprimé en  $\text{jour}^{-1}$

$t$  : temps d'incubation exprimé en jours

Le produit  $C_0 * k$  renseigne sur la quantité de carbone minéralisé par jour ou vitesse de minéralisation et a permis de comparer les différents amendements utilisés.

Ainsi, à l'apport de litière, la quantité de carbone produite par minéralisation a augmenté. Mais, presque pour toutes les doses, l'effet stabilisateur du PG pour la MO est net ; l'effet dépresseur du PG l'emporte sur l'effet de la litière, elle-même une source de MO minéralisable. Ainsi, l'amendement en PG de sols forestiers riches en litière améliore la séquestration du carbone donc lutterait contre le réchauffement climatique.

### 3.4. Effet des amendements sur la culture de laitue

L'amendement en PG améliore certaines propriétés du sol. Ses effets sur la mobilité du Cd, un des principaux polluants, n'est pas significatif en sol légèrement acide. Mais l'absorption de ce Cd par la plante et le risque sur la contamination de la chaîne alimentaire sont nécessaires à élucider. L'essai de culture de laitue en pots a permis de donner quelques précisions.

#### 3.4.1. Effet sur la croissance et la production de la laitue

Sur le sol témoin (T), les plantes ont une croissance lente et les feuilles sont très petites. Le sol acide, seul, n'est pas favorable à la croissance de la laitue. Par contre, les plantes sont vigoureuses et mieux développées sur le sol traité par le PG (D2, D4, D8) avec une meilleure croissance à l'augmentation des doses de phosphogypse (Figure 5).



Figure 5. Laitue en pots, 2 mois après la plantation, pour les différents traitements

Il n'y a pas d'effet dose de PG ni sur la longueur des racines ni sur leurs poids frais. Mais l'effet positif du PG sur la production de feuille en matière fraîche est significatif (Tableau 5).

Tableau 5. Poids frais, teneur en matière sèche des racines et des feuilles de la laitue

Traitements	Poids frais (g)		Matière sèche (%)	
	Racine	feuille	Racine	feuille
T	0,81 a	4,02 c	14,23 b	9,66 b
D2	1,44 a	9,33 bc	12,06 b	7,94 b
D4	1,45 a	17,00 ab	16,06 c	6,86 b
D8	1,67 a	20,20 a	13,22 c	6,95 b

Pour la même colonne, deux nombres suivis de lettres différentes sont significativement différents au seuil de 5%.

#### Teneur en P de la plante

L'étude statistique a montré que, pour la teneur en P des feuilles, des racines, qu'il n'y a pas d'effet dose de PG, ni d'effet litière ni d'interactions.

#### Teneur en Cd dans la plante

D'après la figure 5, les teneurs en cadmium les plus élevées sont observées au niveau des racines pour tous les traitements (9,5 à 33,5 ppm Cd). Ici, on observe peu de translocation de cet élément vers la partie aérienne. Ce résultat n'est pas en accord avec les résultats de Davies et White (1981) qui ont observé un transport du cadmium vers les feuilles. Les teneurs dans les feuilles, partie comestible, restent ici toutefois supérieures aux normes AFNOR (0,1 mg/Kg de matière sèche), soit 6,61 ppm Cd (pour le témoin non traité mais déjà avec une teneur en Cd de 3,5 ppm) et 2,0 ppm Cd ce qui constitue donc un véritable risque pour la santé humaine.

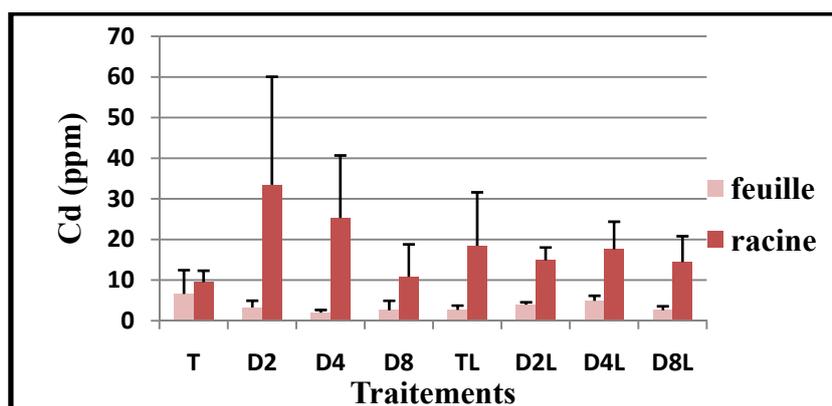


Figure 6. Teneur en cadmium dans la partie aérienne et racinaire de la laitue d'automne

#### 4. CONCLUSIONS

Dans le cadre des études agronomiques du phosphogypse, sous produit phosphatier largement produit en Tunisie, le présent travail tente sa valorisation dans un sol forestier à caractère acide de Nefza. Son effet sur le sol et la plante puis la mobilité et le transfert vertical du P et du Cd sont étudiés dans le but d'une évaluation agronomique et environnementale.

De façon globale, le profil de sol reste homogène en P assimilable pour tous les traitements. Le PG n'a donc pas un effet en tant que fertilisant phosphaté. Grâce à l'essai colonne du laboratoire récupérant les lixiviats après irrigation, nous avons montré qu'une simple irrigation libère déjà du phosphore. Mais que le PG n'a pas d'effet sur la mobilité du P du sol.

Le sol témoin in situ a déjà une concentration de 3,5 ppm Cd dépassant les 2 ppm, norme fixée par AFNOR, et ceci pour les 3 niveaux du sol, que le PG soit ou non mélangé au sol. L'apport des différentes doses de PG n'a pas augmenté significativement les teneurs en Cd dans le sol, la principale source de Cd dans notre sol est le fond pédogéochimique. De même, l'apport de PG n'augmente pas la quantité de Cd dans les percolats.

L'amendement en PG, jouant un rôle stabilisateur de la matière organique du sol, diminue sa minéralisation. Ainsi, pour des sols forestiers riches en litière, il améliorerait la séquestration du carbone donc lutterait contre le réchauffement climatique.

Les résultats obtenus pour un essai agronomique avec une laitue en pots ont montré la plus grande vigueur et la plus grande matière fraîche avec la dose de 8t PG/ha. Mais aucun effet positif des doses de PG sur la MS des feuilles et des racines n'est observé.

Pour toutes les doses de phosphogypse, il y a peu de translocation du cadmium vers la partie aérienne de la laitue. L'accumulation de cet élément est observée au niveau des racines où il atteint 33,5 ppm Cd. Les teneurs en cadmium de la partie aérienne de la laitue sont toutefois supérieures aux teneurs limites et accèdent 6,6 ppm Cd.

Le phosphogypse a donc des effets divers sur le sol. Si son effet en tant que source fertilisante phosphatée est non significatif pour les doses adoptées, nous n'avons pas décelé un supplément de pollution en Cd. Par contre, le PG pourrait constituer un produit intéressant pour la réduction de la minéralisation de la MO sous forêt ; il peut être considéré comme un substrat favorable pour la séquestration du carbone et la diminution du réchauffement climatique. Toutefois, une étude de plein champ serait à faire afin d'estimer les véritables paramètres cinétiques de la décomposition de la matière organique et de la litière et d'apprécier le bilan entre le stockage du carbone par la forêt et sa libération lors de la minéralisation de la matière organique en présence de PG.

#### Remerciements

Nous tenons à remercier le Groupe Chimique Tunisien (Usine de Sfax) et en particulier son directeur Mr. Fourati Amine.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-AFNOR. (1981). Amendements organiques. Dénominations et spécifications (Norme NFU 44-051).

- Béjaoui I. (2010). Valorisation agronomique du phosphogypse: Le phosphogypse en amendements de sols salés. Le phosphogypse amendé par un sol. Mémoire de mastère, I.N.A.T, Tunisie: 82p.
- Ben Aissa, N. (1993). Rôle de la matière organique dans les sols de la Tunisie septentrionale. Thèse de doctorat. Faculté des sciences de Tunis. Université de Tunis II. 150p.
- Benzarti S. (2003). Effet de la margine sur les caractéristiques chimiques et l'activité biologique du sol. Mémoire de diplôme d'études approfondies, I.N.A.T, Tunisie. pp53-60.
- Cescas M.P., (1999). Le phosphogypse, projet PRICAT, formation continue, la Skhira, Tunisie, 28-30 Avril 1999.
- Charfi F., (1999). Substitution du gypse naturel par le phosphogypse dans la fabrication du ciment. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences de Tunis, juillet 1999.
- Choura M., (2008). Évaluation environnementale de l'activité de transformation de phosphate dans la zone côtière sud du grand Sfax : perspectives d'aménagement et de réhabilitation. Projet SMAP III – Tunisie (2006 -200) : Stratégie de gestion intégrée de la zone côtière sud du grand Sfax ; 104 p.
- Davies B.E et White H.M., (1981). Trace element in vegetables grown on soils contaminated by base metal mining. Journal of plant nutrition. Volume 3. pp :387-396.
- Davister A., (1998). Le phosphogypse : déchet (plus ou moins nuisible) ou ressource ? Conférence Technique de l'IFA. Marrakech (Maroc).
- Ennejah A., Guibal F., Hanchi B., Mouillot F., Garchi S., (2010). Croissance radiale du chêne liège et climat en Tunisie. In : sécheresse, 21, 1. Tunisie. pp : 34-41.
- Florida Institute of Phosphate Research (FIPR), (1996). Influence of phosphogypsum on forage yield and quality and on the environment in typical Florida Spodosol soils: Environmental aspects associated with phosphogypsum applied as a source of sulfur and calcium to Bahiagrass and annual Ryegrass pastures growing on Florida Spodosol Soils. FIPR. Florida.USA. Volume 2. Rapport FIPR N° 01-085-127. 86p.
- Groupe Chimique Tunisien (GCT). (2006). Industrie phosphatière en Tunisie. Disponible sur internet <www.GCT.com.tn>
- Haridasan P.P., Paulb A.C. Desai M.V.M., (2002). Natural radionuclide in the aquatic environment of a phosphogypsum disposal area. Environnemental Radioactivity. Inde. Volume 53. pp: 155 – 165.
- Huguet S., (2009). Etude du devenir du cadmium dans un sédiment de curage fortement contaminé et des mécanismes d'accumulation du cadmium chez *Arabidopsis halleri*. Thèse de doctorat. Université des Sciences et Technologies de Lille I: 334p.
- Jedidi N., (1998). Minéralisation et humification des amendements organiques dans un sol limono-argileux Tunisien. Thèse de doctorat, université GENT: 180p.
- Kirkham M.B., (2006). Cadmium in plants in polluted soils: Effects of soil factors, hyper accumulations and amendments. In: Géoderma. Volume 137. Pp: 19 – 32.
- Kolsi N., (1999). Fertigation à l'acide phosphorique en sols calcaires. Thèse Faculté des Sciences Agronomiques et Biologiques Appliquées de Gand : 230 p.
- Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo M., et Mvondo Z.A., (1992). Manuel de laboratoire de pédologie: Méthodes d'analyse de sol et des plantes. Equipement, gestion des stocks de verreries et produits chimiques. Publication agricole. AGCD, Bruxelles. 250 p.
- Sfar Felfoul H., Clastres P., Carles-Gibergues A et Ben Oueddou M., (2002). Propriétés et perspectives d'utilisation du phosphogypse ; l'exemple de la Tunisie. In: Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management. 7 - 10 Janvier 2002, Tunis. Tunisie. pp: 510-520.
- Sfar Felfoul H., Ben Oueddou M et Clastres P., (2004). Etude du phosphogypse de Sfax en vue d'une valorisation en technique routière. Annales de l'équipement. pp : 24 – 42.
- Zarrouk S., (2011). Contribution à l'étude de la biodisponibilité des éléments traces métalliques (ETM) par la technique DGT: Cas du plomb et du cadmium dans des sols amendés par des boues des step et/ou des composts urbains. Thèse Agroparitech-INAT: 144p.
- Zoghlami A.,(2006). Etude comparative de la cinétique de minéralisation de la matière organique de quelques horizons superficiels forestiers tunisiens au laboratoire. Mémoire de mastère, I.N.A.T, Tunisie: 87p.

## Formes d'organisation et techniques culturelles en zones semi-arides de l'Est algérien

Ramdane Benniou<sup>1</sup>, Mohamed Bounaoua<sup>1</sup>  
Université de M'Sila, Département des Sciences Agronomiques,  
BP 166, Route ICHBELIA, 28000 M'Sila  
Email : rbenniou@yahoo.fr,rbenniou@hotmail.com

### RESUME

Ce travail consiste à étudier l'analyse agronomique des cultures des céréales à travers les itinéraires techniques appliqués par les agriculteurs en milieu semi-aride dans la région de Bordj Bou Arreridj. Chez huit exploitations agricoles représentatives de la zone d'étude, l'effet de la diversité des itinéraires techniques a concerné le blé dur, l'espèce la plus cultivée dans le Haut-Plateau sétifois. Les résultats obtenus montrent une tendance vers l'intensification des itinéraires techniques chez les exploitations en zone nord et une partie en zone centre. La zone sud a montré une tendance vers l'extensification. En agriculture pluviale, on vise en premier lieu le maintien du système de production dans son ensemble et la durabilité de l'exploitation. Selon le gradient Sud-Nord, la préparation du sol est très légère et qui conditionne la réussite du semis. Les cultures sont conduites de façon à satisfaire l'alimentation des animaux. L'élevage joue un rôle majeur dans les stratégies contre-aléatoires notamment en petites et moyennes exploitations face aux fortes variations interannuelles des précipitations. L'élaboration du rendement de blé visé reste liée à la variabilité de la zone agro-écologique et de degré de structurations des exploitations agricoles.

**Mots clés :** Céréales, exploitation, itinéraires techniques, pratiques agricoles, semi-aride

### SUMMARY

This work is to study the agronomic analysis of cereal crops through technical itineraries applied by farmers in semi-arid areas in the region of Bordj Bou Arreridj. In eight representative farms in the study area, the effect of different technical routes concerned durum wheat, the most cultivated species in the Setif uplands. The results show a trend towards intensification of technical routes in farms in the northern zone and part center area. The southern area showed a trend towards extensification. In rainfall agriculture, is aimed primarily at maintaining the production system as a whole and the sustainability of the operation. According to the North-South gradient, soil preparation is very light and determines the success of seedlings. Cultures are conducted so as to satisfy the feed. Livestock plays an important role in the against-random strategies including small and medium-sized farms face of strong inter-annual variations in precipitation. The development of the wheat yield is referred to link the variability of agro-ecological zone and degree of structuring farms.

**Key words:** cereal, farming, technical, agricultural practices, semi-arid

### 1. INTRODUCTION

L'agriculture d'aujourd'hui n'est plus ce qu'elle était avant, le passage du système traditionnel au système intensif suscite des changements économiques, financiers, techniques..., mais le plus difficile à atteindre est le changement du comportement et de la mentalité de l'agriculteur, selon Benniou et *al.* (2009), il est nécessaire de comprendre les logiques de production des agriculteurs dans les exploitations agricoles. Cultivées essentiellement en zones semi-arides, les céréales connaissent une grande variabilité de la production interannuelle que beaucoup d'auteurs attribuent cette variabilité aux précipitations (Aubry et *al.*, 1994). De fait, l'objectif de l'étude est d'analyser la production céréalière à travers les différents itinéraires techniques pratiqués sur l'espèce la plus produite dans la région à savoir le blé dur. L'étude s'étale sur trois zones (le nord, le centre et le sud) de la Wilaya de Bordj-Bou-Arreridj.

Dans ce travail, on s'intéresse à l'élaboration du rendement et la production végétative par rapport aux itinéraires techniques appliqués en conditions agro-écologiques régionale dans le but de bien cerner les logiques de conduites des cultures de céréales. Il nous faut donc chercher à comprendre les compromis que font les agriculteurs à travers le fonctionnement de l'exploitation et son organisation (Dore et *al.*, 2008) et les techniques culturelles (Benniou et Aubry, 2012). Les pratiques agricoles sont soumises à

l'incertitude des agriculteurs à réaliser et/ou éliminer telle ou telle opération en gérant les risques (Pluvinage, 1995).

Si les techniques ont un contenu théorique, à l'inverse, *les pratiques relèvent des manières concrètes d'agir des agriculteurs*. Ainsi, comme le souligne Teissier (1979), on se propose de ne pas dissocier le fait technique de l'opérateur. Par l'analyse des pratiques, on s'attache à prendre en compte «*l'ensemble des contraintes et des atouts qui affectent les décisions des agriculteurs quant à l'utilisation d'une technique pour une activité donnée*» (Perrin et al., 1979). Une pratique procède donc d'un choix de l'agriculteur, d'une décision qu'il prend, compte tenu de ses objectifs et de situation propre (Milleville, 1987). Les pratiques dépendent des conditions de milieu, des savoirs et des moyens techniques dont disposent les agriculteurs. Ainsi, à une technique correspondra un ensemble plus ou moins diversifié de pratiques. Il faut remarquer que les pratiques des agriculteurs ne relèvent pas du seul domaine ; technique, pratique, économique, sociale et religieuse interfèrent avec l'activité agricole (Milleville, 1987). On le voit, les façons de cultiver des agriculteurs sont variées et ne «se résument pas à l'application stricte d'une référence technique» (Aubry, 1995). La compréhension des pratiques agricoles doit, par conséquent, aider la recherche à reconsidérer la définition de ses modèles de progrès en les rendant plus en accord avec les conditions locales de l'agriculture.

## **2. MATERIEL ET METHODES**

### **2.1. Bases du choix des exploitations**

Les exploitations qui ont fait l'objet de suivi sont représentatives de la région considérée comme céréalière, nous avons choisi ces exploitations selon deux facteurs: (i) la région de Bordj-Bou-Argeridj se répartit en trois zones agro-écologiques selon les conditions climatiques, principalement la pluviométrie et les conditions édaphiques avec des sols profonds dans la zone nord et moyenne et légères avec la présence de croutes calcaire à différents profondeurs sur le plateau. (ii) la typologie des exploitations agricoles, selon la tendance générale des types d'exploitations agricoles céréalières recensées dans la région (RGA, 2001) et établir à travers une enquête dans la région, nous a permis de choisir trois types d'exploitations agricoles selon d'une part, la taille des exploitations par rapport à leur dominance par aire agro-écologique et d'autre part, les facteurs structurels et les systèmes de production adoptés par chaque catégorie.

**Type 1:** la grande unité agricole; concerne les exploitations dont la superficie est supérieure à 50 ha.

**Type 2:** la moyenne unité agricole ; concerne les exploitations dont la superficie est entre 20 et 50 ha.

**Type 3:** la petite unité agricole ; concerne les exploitations dont la superficie est inférieure à 20 ha.

### **2.2. Suivi des itinéraires techniques**

Le second volet du travail est spécifique à la conduite du blé dur à l'échelle de la parcelle. Il s'agit d'enregistrer chacune des opérations techniques et leurs modalités (date, mode,...). On distingue le travail du sol, le semis, la fertilisation et le désherbage. Ces éléments permettent de retracer l'itinéraire technique pratiqué sur les parcelles de céréales.

## **3. RESULTATS ET DISCUSSION**

### **3.1. Caractéristiques des exploitations agricoles de références**

Au totale 8 exploitations de la zone d'étude ont été suivies durant la campagne agricole 2009/ 2010 et qui se caractérisent comme suit:

Des exploitations de type 1 plus prononcées en zone nord et centre, elles sont plus équipées en matériel agricole même si elles dépendent partiellement à l'extérieur et leur système de production tourne autour de la céréaliculture et élevage (Tableau 1).

Des exploitations de type 2 présentes dans les trois zones agricoles, elles sont moins équipées et dépendent soit partiellement soit totalement de l'extérieur et leur système de production tourne autour de la céréaliculture et élevage (Tableau 1).

Des exploitations de type 3 plus prononcées en zone sud et centre, elles ne sont pas équipées et dépendent entièrement de l'extérieur et leur système de production est plus diversifié (polyculture-élevage) (Tableau 1).

### 3.2. Suivi des itinéraires techniques

- **Zone nord:** On constate trois kits dans l'application des itinéraires techniques des céréales, à savoir le Kit 1, Kit 2 et Kit 3; ces kits sont de type intensif mais ils se différencient par l'absence ou la présence d'une opération, comme on remarque le déchaumage dans la petite exploitation (C) (Kit 3) (Tableau 2).

- **Zone centre:** Trois kits dans l'application des itinéraires techniques des céréales: Kit 4, Kit 5 et Kit 6; les kits 4 et 5 sont de type intensif mais ils se différencient par l'absence ou la présence d'une opération; comme la présence de l'opération du déchaumage et du défonçage dans la grande exploitation (exploitation D, Kit 4). Par contre, le kit de l'exploitation F (Kit 6) est de type extensif (Tableau 2).

- **Zone Sud:** Selon l'itinéraire technique appliqué par l'exploitation G de la zone sud représentée par le Kit 7, on remarque qu'il est de type purement extensif (Tableau 2). Pour l'exploitation H conduit en extensif qui est représentée par le Kit 8, il est à enregistrer que la culture est sous étage (ou en intercalaire) entre les plantes de l'olivier ce qui crée un micro-climat favorable au développement du blé.

### 3.3. Suivi des itinéraires techniques

#### 3.3.1. Nombre de pieds levés par m<sup>2</sup>

L'analyse de la variance a montré des différences non significatives pour les facteurs étudiés avec un coefficient de variation de 25, 22 % (Tableau 3). Avec un écart type de 49,95 pieds/m<sup>2</sup>; le calcul des moyennes (Tableau 3) montre des différences entre les huit exploitations agricoles de la région. Le nombre élevé est obtenu en exploitation E, appartenant au type 2 (moyenne exploitation) en zone centre en pratiquant le **kit 5**; le nombre de pieds levés s'élève à 288 plants/m<sup>2</sup>. Par contre, le nombre faible est obtenu chez deux exploitations: l'exploitation F, appartenant au type 3 (petite exploitation) en zone centre pratiquant le **kit 6** et l'exploitation B, (type 2, zone nord) avec seulement 153 pieds/m<sup>2</sup>. Ceci, nous permet de dire que probablement un travail du sol précoce était bénéfique pour la levée du blé dur.

Par zone agro-écologique, le nombre de pieds levés était plus élevé en zone nord comparativement à la zone centre et sud cela est dû aux potentialités de la zone nord d'une part, et aux densités de semis élevées pratiquées par les agriculteurs, d'autre part. En plus, de la précocité du travail du sol, du nombre de recroisement relativement élevé en zone nord, sans oublier le mode de semis en ligne pratiqué par l'ensemble des exploitations agricoles.

#### 3.3.2. Estimation des adventices

L'analyse de la variance a montré des différences significatives pour les zones agro-écologiques et des différences non significatives pour les types d'exploitations et ainsi leur interaction avec un cv de 62,07 % et écart-type de 127,45 plants/m<sup>2</sup>. Des différences entre les types d'exploitations ont été enregistrées: le nombre d'adventices élevé obtenu est celui de l'exploitation E (type 2) en zone centre avec 327 plants/m<sup>2</sup>, en pratiquant le **kit 5**. Par contre, le nombre d'adventices faible est enregistré en exploitation F (type 3) en zone centre avec 43 plants/m<sup>2</sup>, en pratiquant le **kit 6** (Figure 1).

**Tableau 1.** Facteurs structurels et système de production chez les exploitations de référence par zone agro-écologique

Zone Agricole		Zone Nord			Zone Centre			Zone Sud	
1. Facteurs structurels		Exp. A: Type 1	Exp. B: Type 2	Exp. C: Type 3	Exp. D: Type 1	Exp. E: Type 2	Exp. F: Type 3	Exp. G: Type 2	Exp. H: Type 3
Nature juridique		EAC	Locataire	EAI	SP	EAI	SP	SP	SP
Taille (SAT)		132 ha	30 ha	18,61 ha	120 ha	30 ha	15 ha	25 ha	09 ha
Mains d'œuvre	Permanant	3	3	2	3	2	2	2	4
	Saisonniers	3 (15 jours)	-	15 (1 mois)	3 (10 jours)	-	10 (08 jours)	5 (10 jours)	4 (4 mois)
Ressources hydriques		-	-	1 forage, 1 puit 1 bassin	1 forage, 1 puit 1 bassin	1 bassin, 1 forage	1 forage, 1 puit	2 forages	3 forages, 1 puit 1 bassin
Matériels agricole		1 tracteur 1 ch. à disques 1 cover-crop 1 botteuse	2 tracteurs 3 ch. à disques 2 cover-crop 1 atomiseur 1 épandeur 1 semoir 3 m 1 botteuse	1 tracteur 2 ch. à disques/à socs 1 c-crop, 1 atomiseur 1 cultivateur, 1 herse 1 faucheuse 1 râteau-faneuse 1 kit d'aspersion	1 tracteur 1 ch. à disques 1 c-crop, 1 botteuse 1 semoir 6 m 1 chisel 1 faucheuse 1 râteau-faneuse	1 ch. à socs	1 tracteur 1 ch. à disques 1 cover-crop	-	-
Bâtiments d'élevage		-	-	1 étable 2 poulaillers	Bergerie, Ecurie Magasin, Hangar	Etable	Bergerie, Etable Poulailler	Bergerie Etable	Bergerie, Etable Ecurie
2. Système de production		Céréaliculture			Polyculture	Céréales- élevage			Polyculture
Système de culture		Céréales-jachère			Céréales- jachère			Céréales-jachère	
Production végétale		Blé dur 65 ha	Blé dur 30 ha	Blé dur 12 ha Olivier 500 arb. Prunier 870 arb. Figuier 500 arb. Pommier 450 arb.	Blé dur 38 ha Blé tendre 15 ha Orge 05 ha Avoine 02 ha	Blé dur 20 ha Orge 03 ha Olivier 104 arb. Figuier 30 arb. Abricotier 200 arb. Prunier 40 arb. Pommier 40 arb.	Blé dur 08 ha Orge 04 ha Amandier 150 arb.	Blé dur 06 ha Avoine 02 ha Irrig. Mraichage 0.5 ha Olivier 400 arb. Amandier 400 arb. Figuier 100 arb. Grenadier 15 arb.	Blé dur 3,5 ha Abricotier 12 arb. Olivier 65 arb. Pêcher 02 arb. Figuier 13 arb. Grenadier 07 arb. Vigne 03 arb.
Production animale		-	-	P. de chair 4000 P. pouleuse 9600	Ovins 240/120 brebis 02 chevaux, 50 ruches Aviculture 3000	Ovins 140/100 brebis Caprins 02 chèvres	Ovins 140/80 brebis Bovins 02 VL Aviculture 4800	Bovins 03 VL P. de chair 2000	Ovins 25/17 brebis Bovins 03/2 VL

**Tableau 2.** Etat récapitulatif de l'itinéraire technique du blé dur dans la zone nord.

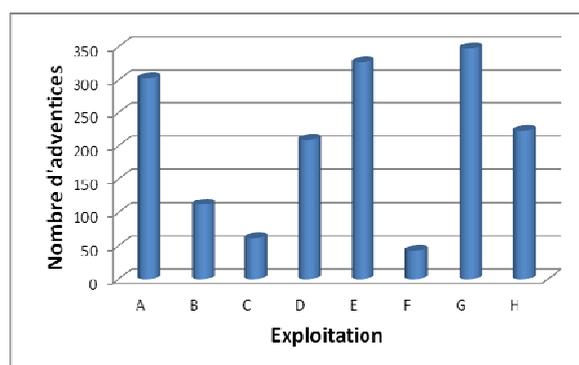
Itineraires techniques		Zone Nord			Zone Centre			Zone Sud			
		Exp. A: Type 1	Exp. B: Type 2	Exp. C: Type 3	Exp. D: Type 1	Exp. E: Type 2	Exp. F: Type 3	Exp. G: Type 2	Exp. H: Type 3		
Precedent cultural		Jachère travaillée									
Travail du sol	Déchaumage	Date	-	Juillet 2008	Juillet 2008	Juillet 2008	-	-	-	-	
		Outil	-	Cover-Crop	Cover-Crop	Chisel + CC	-	-	-	-	
	Défoncement	Date	-	-	-	Février 2009	-	-	-	-	
		Outil	-	-	-	Défenseuse	-	-	-	-	
	Labourprécoce	Type	Profond								
		Date	Mars 2009							Mai	
		Outil	Ch. à disques	Ch. à socs			Ch. à disques			Ch. à socs	
	Recroisement	Fréquence	03	02	02	02	02	01	01	01	
		Outil	Cover-Crop								
		Date	Sep. et Oct.	Août et Oct.	Août et Oct.	Mai et Sep.	Mai et Nov.	Mi Septembre	Juillet	Fin Novembre	
Engrais de fond		Date	Octobre	Novembre	Mars	Mai	Fin-Sep	-	-	-	
		Dose	100 kg/ha	TSP 46%		100 kg/ha	100 kg/ha	-	-	-	
		Type	Triple Super Phosphate 46%						-	-	-
Semis		Mode	En lignes			à la volée	En lignes				
		Date	Fin octobre	Mi-novembre		Mi-octobre	Mi-novembre	Fin octobre	Fin Novembre	mi- Novembre	
		Dose	120 kg/ ha								
		Variété	MBB R1	Waha R1	Waha R2	MBB	GTA dure R1	MBB	MBB	MBB	
		Recouvrement	Rouleau lisse	-	-	-	-	-	Cover-Crop	-	
Fertilisation Azotée		Date	Février	Debut mars	Mi-mars	Mi- Mars	Début avril	Début Mars	-	-	
		Produit	Urée 46%				Sulfate d'ammonium	Fumure organique	-	-	
		Dose	70 kg/ha				100 kg/ ha	-	-	-	
Désherbage		Date	fin mars	Début avril	Début avril	19 mars	20 mars	-	-	-	
		Type	anti-dicotylédones						-	-	-
		Dose	0,5 l/ ha			10 g/ ha			-	-	-
		Produit	Mustang			Grand Star			-	-	-
Irrigation		Fréquence	-	01	-	-	-	-	-		
		Type	-	Aspersion	-	-	-	-	-	-	
Récolte		Date	Débutjuillet			fin juin	23 juin	fin juin	-	-	
<b>Kits techniques</b>		<b>Kit 1</b>	<b>Kit 2</b>	<b>Kit 3</b>	<b>Kit 4</b>	<b>Kit 5</b>	<b>Kit 6</b>	<b>Kit 7</b>	<b>Kit 8</b>		

**Tableau 3.** Résultats de mesure du nombre de plants levés par m<sup>2</sup>.

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
Levée/ m <sup>2</sup>	271	153	246	172	288	153	160	169
Moyenne zone de production	223			204			164,5	
Moyenne générale	201,5							
Effet zones de production	Non significatif (P = 0,82165)							
Effet types d'exploitations	Non significatif (P = 0,59958)							
Interaction zones-types	Non significative (P = 0,69866)							
CV (%)	25,22							
Ecart type	49,95							

Éventuellement, le taux d'infestation des adventices dépend de plusieurs facteurs comme l'effet de cumule du précédent culturale, l'importance des grains stockés dans le sol, et des conditions climatiques de l'année de culture. En comparant les travaux de ces deux exploitations du même étage, on note qu'un labour précoce est pratiqué chez les deux exploitations avec deux recroisements en exploitation *E* et un seul recroisement en exploitation *F* ; ce qui montre que la relation entre les itinéraires techniques et l'infestation en mauvaises herbes dépend plus de l'assolement des cultures et des conditions climatiques.

Par étage climatique, l'infestation en adventices suit le degré d'aridité et entre autre la qualité du sol, en plus du travail du sol relativement tardive en zone sud par rapport aux zone centre et nord.



**Figure 1.** Comparaison du nombre d'adventices entre les exploitations de références.

### 3.3.3. Matière sèche totale de la paille par m<sup>2</sup>

L'analyse de la variance a montré des différences très hautement significatives entre les facteurs étudiés (zones agro-écologique, types d'exploitations) et leur interaction avec un cv de 8,87 %.

La moyenne générale enregistrée en matière sèche totale de la paille par m<sup>2</sup> s'élève à 1.083 g avec un écart type de 95,2 g. Le poids élevé est obtenu en exploitation *D* (type 1) en zone centre sur variété MBB (paille haute) avec 1.880 grammes, en pratiquant le *kit 4* (plus intensif). Alors, que le poids faible est enregistré chez l'exploitation *E* (type 2) en zone centre avec 180 g/m<sup>2</sup>, en pratiquant le *kit 5* (intensif) en zone centre sur variété GTA dure (paille courte) (Figure 2). Les potentialités de la zone, le degré de structuration des exploitations ainsi que les itinéraires techniques ont des effets sur la production végétale et agricole.

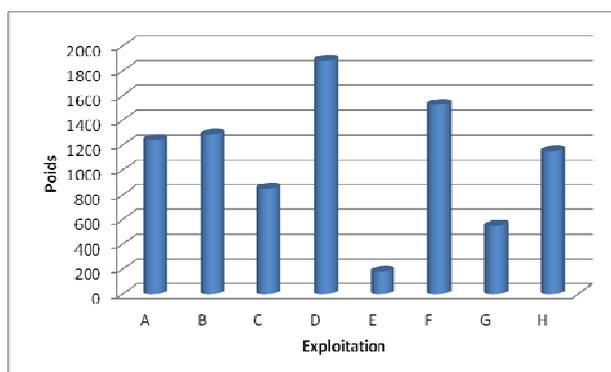


Figure 2. Comparaison du poids de la matière sèche totale de la paille/m<sup>2</sup> par exploitation.

### 3.3.4. Rendement en grains (q/ha)

L'analyse de variance a montré une différence significative pour le facteur zone agro-écologique avec un cv de 0,78 % et différences non significatives pour le type d'exploitations et interaction.

Les moyennes illustrées par les histogrammes de la figure 3 présentent un écart type de 0,27 q/ha. Le rendement moyen élevé est obtenu en exploitation **D** (type 1) en zone centre avec 48,04 q/ha, en pratiquant le **kit 4** (intensif). Alors, que le rendement faible est enregistré en exploitation **E** (type 2) en zone centre avec 6,31 q/ha, en pratiquant le **kit 5** (intensif). Ce résultat contradictoire peut être expliqué par les conditions climatiques qui ont prévalu en fin de cycle et qui ont probablement affecté négativement certains endroits les plus exposés, surtout on soulève les pluies tardives et les gelées tardives. Cependant, la céréaliculture en Algérie demeure très aléatoire en fonction de l'augure de l'année en générale. Cet état de fait à laisser les agriculteurs à adopter des stratégies de production en fonction de chaque situation et aussi des objectifs visés et qui ne visent pas obligatoirement les rendements élevés.

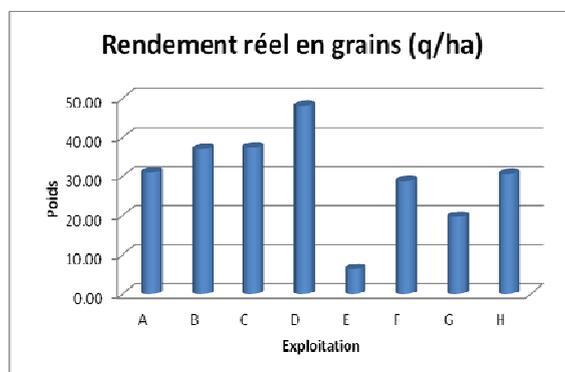


Figure 3. Comparaison du rendement réel en grains par exploitation.

## 4. CONCLUSION

Malgré la diversité des exploitations, la logique de production reste presque semblable dans chaque zone, malgré la faible diversité des itinéraires techniques. La pratique d'un itinéraire technique correspond à la mobilisation de moyens de production. La logique de production ne peut pas dissocier sa mise en œuvre du fonctionnement global de l'exploitation et des conditions agro-climatique du milieu.

Dans les exploitations **A, B, C** (zone nord), **D** et **E** (zone centre), la production de blé dur répond à une logique d'agriculture marchande. Dans les exploitations **F** (zone centre), **G, H** (zone sud), la conduite du blé s'inscrit dans une agriculture familiale, où il importe avant d'assurer le maintien du système de production dans son ensemble et la durabilité de l'exploitation. En effet, l'élevage joue un rôle majeur dans les stratégies contre-aléatoires des petites et moyennes exploitations face aux fortes variations interannuelles des précipitations. Les objectifs de production diffèrent donc sensiblement entre les types des exploitations. Mais, il est à enregistrer que la culture sous étage (ou en intercalaire) conduite

en extensif est plus rentable comparativement à la même culture conduit en extensive et en étage plus potentiel mais en agriculture pluviale. Cela montre quand même le rôle du micro-climat.

Nous soulignerons qu'il est important de gérer au mieux les apports d'azote. Ceci implique qu'il faut raisonner la fertilisation azotée en fonction des objectifs du rendement. On enregistre, qu'en zone potentielle, une plus grande maîtrise du processus de production permet d'obtenir des rendements plus élevés, assurant des revenus plus importants pour l'agriculteur. Le rendement visé reste lié à la variabilité de la zone agro-écologique et de degré d'intensification.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aubry C., Latiri-Souki K., Dore T., Griner C. (1994). Diagnostique des facteurs limitants du rendement du blé dur en parcelles d'agriculteurs dans une petite région semi-aride en Tunisie. *Rev. Agronomie*, (14): 213-227.
- Aubry C. (1995). Gestion de la sole d'une culture dans l'exploitation agricole, cas du blé d'hiver en grande culture dans la région Picardie. Thèse Doctorat Paris, INAPG, 271p.
- Bennio R. and Aubry C. (2012). Farm diversity and crop growing practices in semi-arid regions: A case study of the Setif high plains in Algeria. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(48), pp. 6363-6375, <http://www.academicjournals.org/AJAR>, ISSN 1991-637X.
- Benniou R., Aubry C. (2009). Place et rôle de l'élevage dans les systèmes de production agricoles en régions semi-arides de l'est de l'Algérie. *Revue Fourrages* n° 198: 239-251.
- Dore T., Clemont-Dauphin C., Crozat Y., David C., Jeuffroy M-H., Loyce C., Mekowski D., Malzieu E., Meynard J.M., Valantin-Morison M. (2008). Methodological progresses in on-farm regional agronomic diagnostics. *Rev. EDP Sciences, Les ulis, France*, vol. 28, (1): 151-161.
- Milleville P. (1987). Recherches sur les pratiques des agriculteurs. *Cah. Rech. Dév.*, (16): 3-7.
- Perrin RK., Winkelman DL., Mosacardi ER., Anderson JR., (1979). From Agronomic Data to farmer recommendations. An economic training manual. CIMMYT, Inf. Bull. 27: 51 p.
- Pluvinage J. (1995). Les systèmes de production céréales-élevage. La gestion du risque dans les zones sèches méditerranéennes. Thèse Doctorat en sciences agronomiques. ENSAM, INRA, 445 p.
- RGA (2001). Recensement générale agricole de l'année 2001. MADR, Alger, 348 p. Teussier J.M., 1979. Relation entre techniques et pratiques. *Bull, INRAP*, 38 p.

## Etude du cycle évolutif du puceron vert du pêcher *Myzus persicae* Sulzer. sur deux saisons de production- Effet de son hôte

Oumaya Mejri<sup>1,\*</sup>, Mohamed Ghrab<sup>2</sup> et Netij Ben Mechlia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de bioclimatologie, Institut National Agronomique de Tunisie, avenue Charles Nicolle, 1082 Tunis, TUNISIE.

<sup>2</sup>Institut de l'olivier B.P: 1087, 3000 Sfax, TUNISIE

\*E-mail: [mejri.oumaya@yahoo.fr](mailto:mejri.oumaya@yahoo.fr)

### RESUME

Le pêcher est une espèce largement cultivée en Tunisie et qui présente une richesse en variétés et en porte-greffes. Cependant sa productivité est sévèrement affectée par des stress biotiques et abiotiques. Le puceron vert du pêcher constitue l'un des fléaux qui occasionne des dégâts directs et indirects par la chute de rendement et la vection des virus. L'ampleur de ces dégâts peut dépendre des conditions climatiques et de l'état de vigueur des arbres. Ce travail cherche à caractériser l'infestation par le puceron (*Myzus persicae*, Sulzer) de deux variétés de pêcher, une précoce (Early May Crest) et une de saison (Royal Glory), greffées sur deux porte-greffes de vigueur contrastée. Le suivi a porté sur la dynamique de population et le taux d'infestation. Les résultats obtenus ont révélé une période de prolifération du puceron qui s'étend entre mi-avril et fin juin avec un pic de générations vers la fin du mois de mai. Un effet variétal notable a été mis en évidence et se traduit par une multiplication massive sur la variété de saison en comparaison avec la variété précoce. L'importance de l'infestation est aussi affectée par le type de porte-greffe associé. Cet effet est bien net pour la variété précoce où le puceron est plus prolifique sur le porte-greffe vigoureux (GF677). Tandis que pour la variété de saison, l'effet porte-greffe se traduit par une multiplication plus importante en 2011 et une longévité plus grande en 2012.

**Mots clés:** *Prunus persica*, variété, porte-greffe, *Myzus persicae*, dynamique, infestation

### SUMMARY

Effect of the host. Peach is one of the most wide cultivated fruit species in Tunisia which contains a large number of varieties and rootstocks. Thus, peach yield accuses important loss due to biotique and abiotique stresses. Green peach aphid *Myzus persicae* Sulzer. causes direct and indirect damages to peach trees including yield loss and virus transmission. The importance of damages caused is related to climatic conditions and to the vigour of the tree. This study is focusing on the ability of *M. persicae* to colonize two peach varieties, an early-maturing (Early May Crest) and a season-maturing variety (Royal Glory), grafted on two different rootstocks (GF677 and Cadaman). The life cycle and the infestation rate was monitored. Results revealed that the aphid colonize both the two varieties during the period from mid april to end juin with a maximum of development at the end of Mai.

The development of *M. persicae* is affected by the host variety. It can develop indeed easily on the season-maturing variety and hardly on the early-maturing one. The effect of the associated rootstock was also noticed. The development of the aphid is enhanced when the early-maturing variety is associated with the vigorous rootstock GF677. But when associated with the season-maturing, the effect of the vigorous rootstock consisted of a greater multiplication in 2011 and a larger period of development in 2012.

**Key words:** *Prunus persica*, variety, rootstock, *Myzus persicae*, life cycle, infestation

### 1. INTRODUCTION

Nombreux ravageurs contraignent la production fruitière en Tunisie, dont la cératite, le scolyte des arbres fruitiers et les pucerons. Les dégâts de ces derniers sont de nature complexe. Ils infligent des dégâts directes en aspirant une quantité considérable de sève ce qui affaiblit l'arbre, et des dégâts indirectes par la transmission de viroses, la prédisposition de l'arbre aux attaques de scolytes et l'excrétion de miellat qui attire d'autres ravageurs et favorise le développement de la fumagine.

En Tunisie, l'espèce *Myzus persicae* a été identifiée sur plusieurs cultures comme : le pêcher et l'amandier (Ben Halima-kamel M et Ben Hammouda M.H, 2005), les cultures protégées, en

particulier le piment, tomate, aubergine, laitue et rosier ( Ben Halima-kamel M et Ben Hammouda M.H, 1993), l'artichaut ( Guesmi *et al*, 2010), la pomme de terre (Boukhris-Bouhachem S *et al*, 2007) ...etc. Elle constitue l'une des espèces les plus redoutables et les plus dominantes sur pêcher considéré comme son hôte préférentiel (Ben Halima et Ben Hammouda M.H, 2005). D'autant plus que cette espèce est capable de transmettre plus de 120 maladies virales (Leclant, 1981).

Jusqu'à récemment, la lutte chimique était le fer de lance dans la lutte contre les ennemis des cultures. Cependant, ce mode montre diverses limites dont l'apparition des phénomènes de résistance chez les pucerons. Dans ce cadre, l'espèce *M. persicae* a accumulé de nombreuses résistances à plusieurs familles d'insecticides de synthèse, comme les organophosphorés, les carbamates et les pyréthrinoides (Devonshire et Moores, 1982).

Cette capacité à acquérir rapidement une résistance chez les pucerons, a orienté les recherches vers les alternatives à la lutte chimique et c'est ainsi que l'implication de certaines pratiques culturales dans la régulation des populations de pucerons a été mise en évidence.

Il a été démontré, dans ce cadre, que plusieurs facteurs culturaux comme la date de plantation, la pubescence et la couleur des feuilles ainsi que l'emploi d'un paillis réfléchissant, agissent sur le développement d'*Aphis gossypii* sur coton (Rummel *et al*, 1995). Cette dernière méthode a fait ses preuves également dans la protection du lupin contre *Myzus persicae*, en particulier si l'attaque se fait précocement au cours des stades les plus vulnérables de la culture (Zalucki *et al*, 1998). D'autres pratiques culturales peuvent privilégier les pucerons au détriment de la culture. C'est le cas de la taille sévère du pêcher (Grechi *et al*, 2008) et des doses intermédiaires d'azotes (Sauge *et al*, 2010) qui augmentent l'accroissement des populations de *Myzus persicae*. La fécondité de ce puceron se trouve, cependant, accrue par les plus fortes doses d'azote sur piment (Petitt *et al*, 1994).

Par ailleurs, L'utilisation de la résistance variétale dans la lutte contre les ravageurs est un concept relativement ancien étant donné qu'un cas de résistance chez le blé a été déjà décrit au 18<sup>ème</sup> siècle (Panda et Khush, 1995). La résistance et la tolérance aux ravageurs sont des mécanismes développés par les plantes en réponse aux attaques de leurs ennemis naturels. La résistance comporte les caractéristiques des plantes impliquées dans la réduction de l'acceptabilité des ravageurs, la tolérance constitue la capacité des plantes à tolérer les infestations sans afficher de diminution de forme ou de vigueur (Strauss et Agrawal 1999 ; Stowe *et al*. 2000). Selon McKinley, (1988), la résistance variétale est la capacité pour une variété d'obtenir une bonne productivité malgré la présence de ravageurs.

D'autres parts, la sélection du porte-greffe était orientée depuis plusieurs dizaines d'années, vers ses capacités à surmonter plusieurs contraintes. Les potentialités du porte-greffe, tout comme celles de la variété greffée, ont souvent été investiguées de point de vue de leur relation directe avec l'agent dépréciateur comme les contraintes telluriques (maladies vasculaires, sécheresse, salinité...) ou les traumatismes de ligne de greffe (ex. Tristesia). Une autre piste peu investiguée est celle de l'effet indirecte que peut avoir le porte-greffe sur un agent dépréciateur s'attaquant à la variété, en modifiant la vigueur ou les attributs métaboliques de cette dernière.

Dans ce cadre, cette expérimentation se propose d'étudier le développement du puceron vert du pêcher en 2011 et 2012 en relation avec sa variété hôte et si cette relation est modifiée ou non par le porte-greffe associé à la variété.

## 2. MATERIELS ET METHODES

L'expérimentation est conduite dans le verger de pêcher de la ferme expérimentale de l'Institut National Agronomique de Tunisie, appartenant au biotope de Mornag à 16 km de la capitale de la Tunisie. Le verger est réparti en 4 associations différentes d'arbres âgés d'une variété précoce Early MayCrest (EMC) et d'une variété de saison Royal Glory (RG), greffées sur porte-greffes GF677 et Cadamon avec une densité de plantation 4m\*6 m.

On choisi 6 arbres de chaque association (variété/ porte-greffe) de vigueur homogène (Figure 3), sur lesquelles on va effectuer :

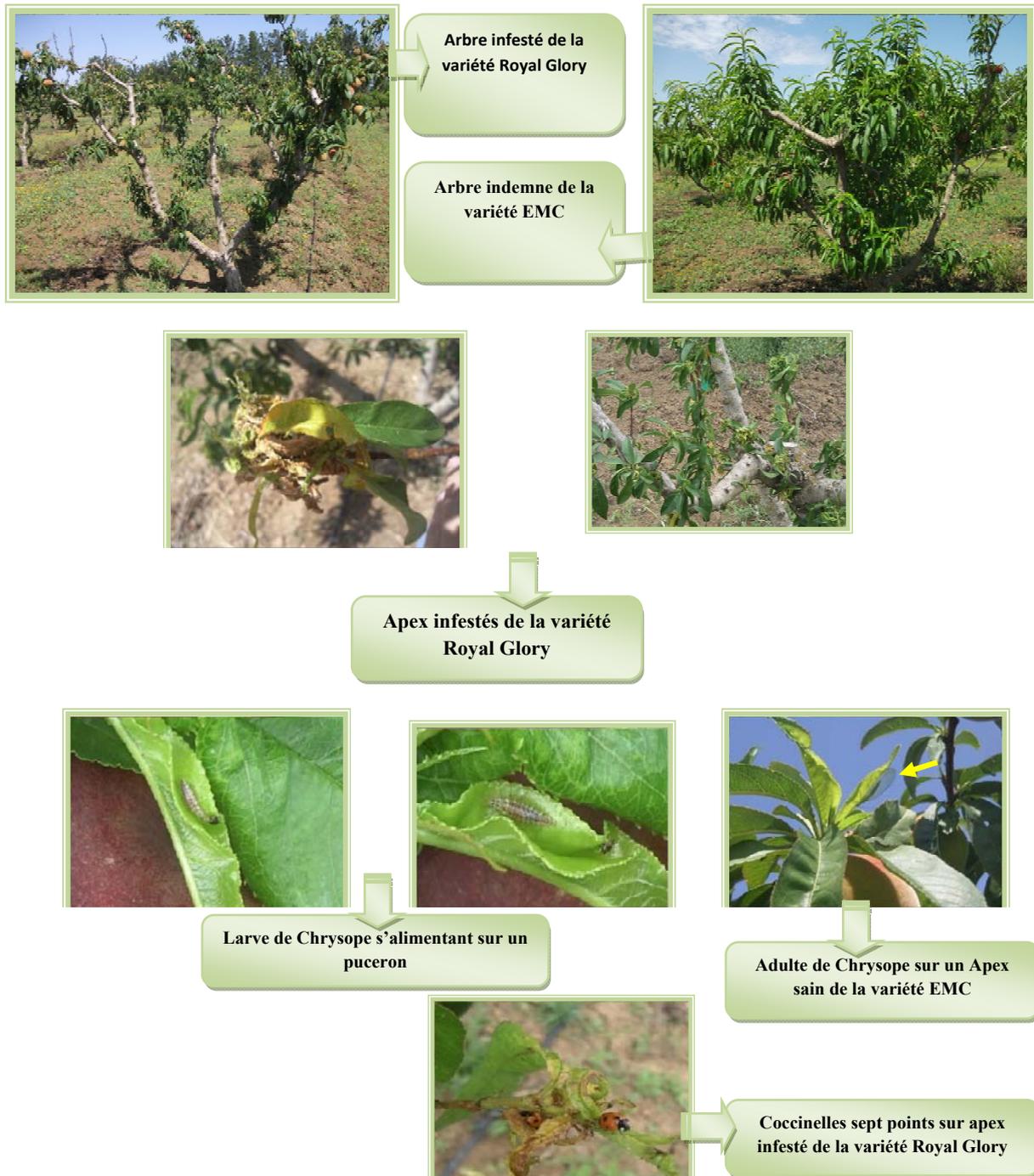
- Un suivi hebdomadaire d'une infestation naturelle du puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*) par le comptage du nombre d'individus présents sur deux rameaux d'un an marqués sur chaque arbre (dynamique de population). Bien que le puceron vert dépose ses œufs d'hiver sans préférence d'orientation sur l'arbre (Medllet et Ben Halima-Kamel, 2012) on a tout de même choisis une orientation exposée au vent dominant qui favorise la dispersion des adultes ailés.

A fin de faciliter le comptage en plein champ et améliorer l'aspect des figures, on fixe à 126 individus les apex présentant de fortes densités d'infestations.

Aucun traitement phytosanitaire n'est pratiqué au cours de l'expérimentation sauf lofox en fin d'expérimentation contre la mouche des fruits.

- Taux d'infestation globale : correspond au comptage du nombre de rameaux infestés (avec présence de puceron) pour chaque modalité sur bois d'un an par rapport à la totalité des rameaux de l'arbre.

L'expérimentation a été répétée deux fois au cours des saisons de production des années 2011 et 2012.



### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Cycle évolutif

On a suivi l'évolution du puceron au cours du temps sur chacune des deux variétés étudiées (Figure 1).

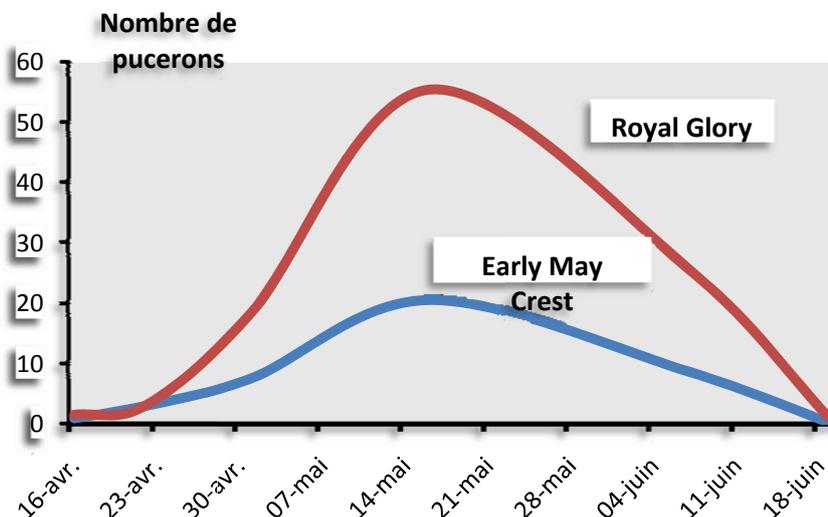


Figure 1. dynamique de la population de puceron sur les deux variétés (moyenne de deux ans)

Le cycle du puceron s'étend entre la deuxième moitié du mois d'avril et la fin du mois de juin aussi bien pour les deux années d'expérimentation que pour les deux variétés étudiées avec un pic de générations vers la fin du mois de mai (Figure 1).

Dans la même région en 2006, les œufs d'hiver issus de la reproduction sexuée de *M. persicae* ont été retrouvés autour des bourgeons dormants du pêcher en décembre. Les larves ont émergés en février et le développement du puceron s'est fait de mars à mai (Meddell et Ben Halima-kamel, 2012). Ce décalage de cycle par rapport à 2006 peut-être attribué aux conditions climatiques qui contraignent le démarrage de génération au cours du mois de mars.

Par contre, sous abri, le puceron vert ne se reproduit que par parthénogenèse. Il va passer l'hiver sur plantes herbacées. L'infestation commence dès novembre sur piment, en décembre-janvier sur rosier et de décembre jusqu'à fin avril sur aubergine (Ben Halima-kamel M et Ben Hammouda M.H, 1993).

La période active du puceron sur ces deux variétés de pêcher coïncide avec leur période de développement végétatif en fin de floraison début de nouaison et s'étale jusqu'à la récolte (Figure 2). Durant cette période, les nouvelles pousses tendres se trouvent à disposition du puceron favorisant ainsi son développement.

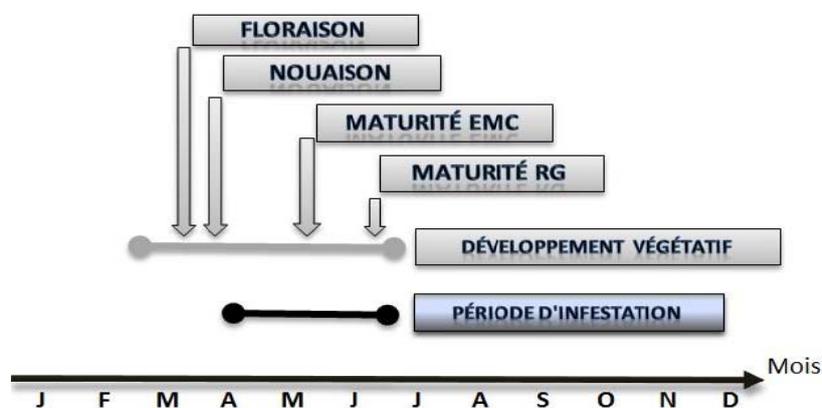


Figure 2. Chronologie du développement des deux variétés et de l'infestation

### 3.2. Effet variétal

L'étude de l'évolution du puceron sur les deux variétés montre qu'il prolifère massivement sur RG comparativement à EMC où sa multiplication est nettement moins importante au pic des générations des deux années 2011 et 2012 (Figure 1). Ces résultats présagent que la variété EMC est une variété tolérante à ce puceron tandis que RG en est une variété sensible.

Des travaux de sélection de matériel résistant ont relevé des réponses variétales contrastées à *M. persicae*. Les variétés présentant une résistance sont en général des variétés rustiques, souvent des variétés porte-greffes, par exemple « Rubira » ou « NemaGuard », et non des variétés ayant subi un long processus de sélection pour l'amélioration du fruit. Ces variétés proviennent, lorsque leur origine est connue, de régions limitrophes (Corée, Japon) au centre de diversité situé en Chine, de l'espèce *P. persica* (Massonié et al, 1982). La variété EMC, quant à elle, bien qu'elle ait été décrite aux USA, elle est répertoriée comme étant une variété ayant une bonne résistance aux maladies en général (Toews R G, 1988). Ce travail confirme donc la bonne résistance de cette variété au puceron vert du pêcher.

Par ailleurs, on a noté une différence dans l'importance de l'infestation entre les répétitions des deux variétés pour les deux années. Les mêmes constatations ont été faites par Massonié *et al* en 1982. Les auteurs les attribuent aux éventuelles différences de vigueur et de croissance entre les plantes et ils ont souligné que ces répétitions sont d'autant plus homogènes que les variétés sont plus sensibles.

### 3.2. Effet du porte-greffe associé à la variété hôte

Le puceron vert du pêcher infeste différemment la variété EMC en fonction du porte-greffe sur lequel elle est greffée. En effet, il se multiplie 4 à 5 fois plus (2011 et 2012) si la variété est greffée sur GF677 que si elle est greffée sur Cadamon (Figure 3).

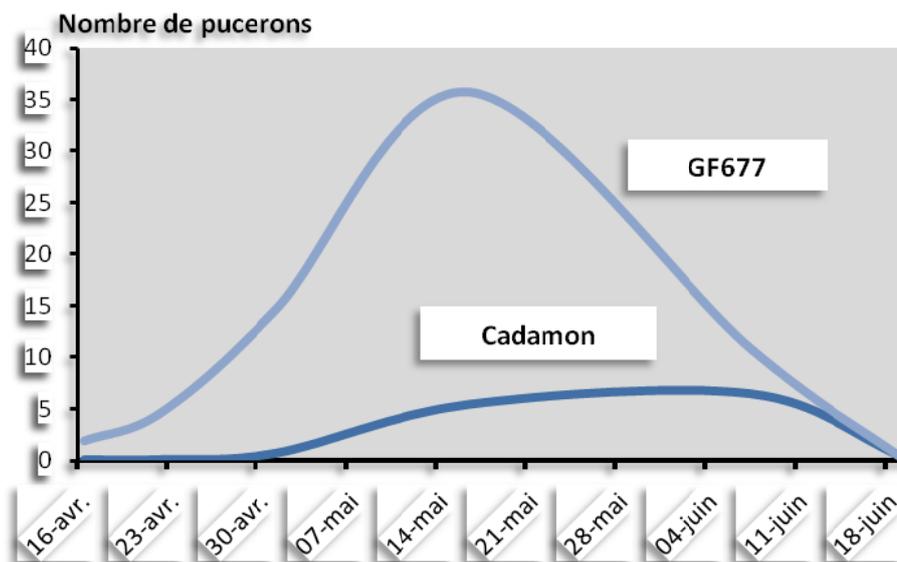


Figure 3. Dynamique de la population moyenne du puceron sur EMC en fonction du porte-greffe associé sur les deux années d'étude

Sur RG, l'effet du porte-greffe GF677 s'est traduit par une infestation plus grande en 2011 et un maintien plus important en 2012 (Figure 4).

Cette baisse enregistrée sur Cadaman n'est pas d'un grand intérêt pratique du fait que la population de puceron a gardé un taux élevé capable de causer des dégâts d'une part, et que le puceron a pu récupérer cette baisse l'année suivante. La sensibilité de la variété Royal Glory semble donc très peu affectée par le porte-greffe associé.

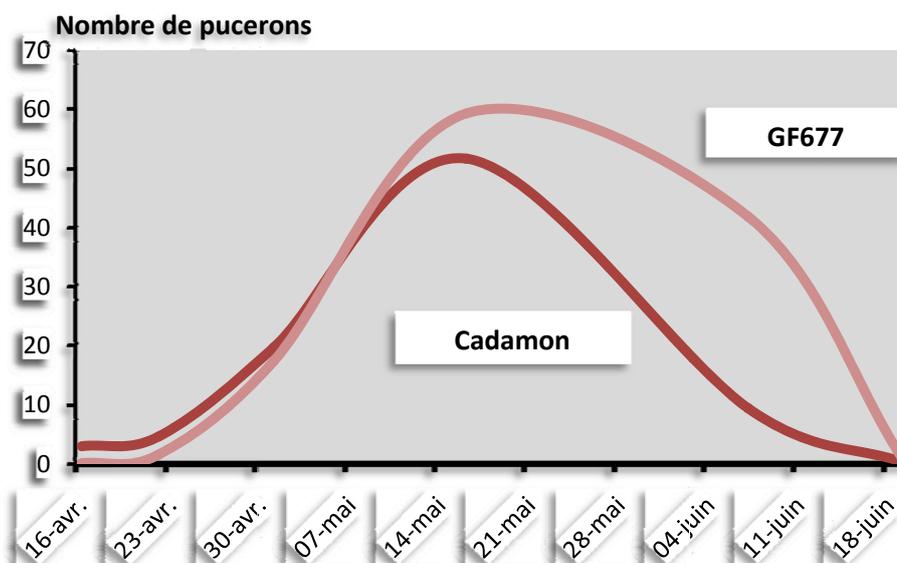


Figure 4. Dynamique de la population moyenne du puceron sur RG en fonction du porte-greffe associé sur les deux années d'étude

Par ailleurs, la bibliographie rapporte l'aptitude du porte-greffe vigoureux GF677 à améliorer la végétation des deux variétés EMC et RG par rapport au porte-greffe Cadaman (Ghrab, 2011). De ce fait, il peut avoir favorisé l'infestation de ces deux variétés indirectement en mettant à disposition du puceron plus de nouvelles pousses tendres qui constituent son site trophique de prédilection.

Des éléments de réponse sur le mécanisme par lequel les porte-greffes agissent différemment en fonction du degré de sensibilité de la variété associée peuvent être apportés par une étude métabolique des composés impliqués dans l'interaction hôte/parasite.

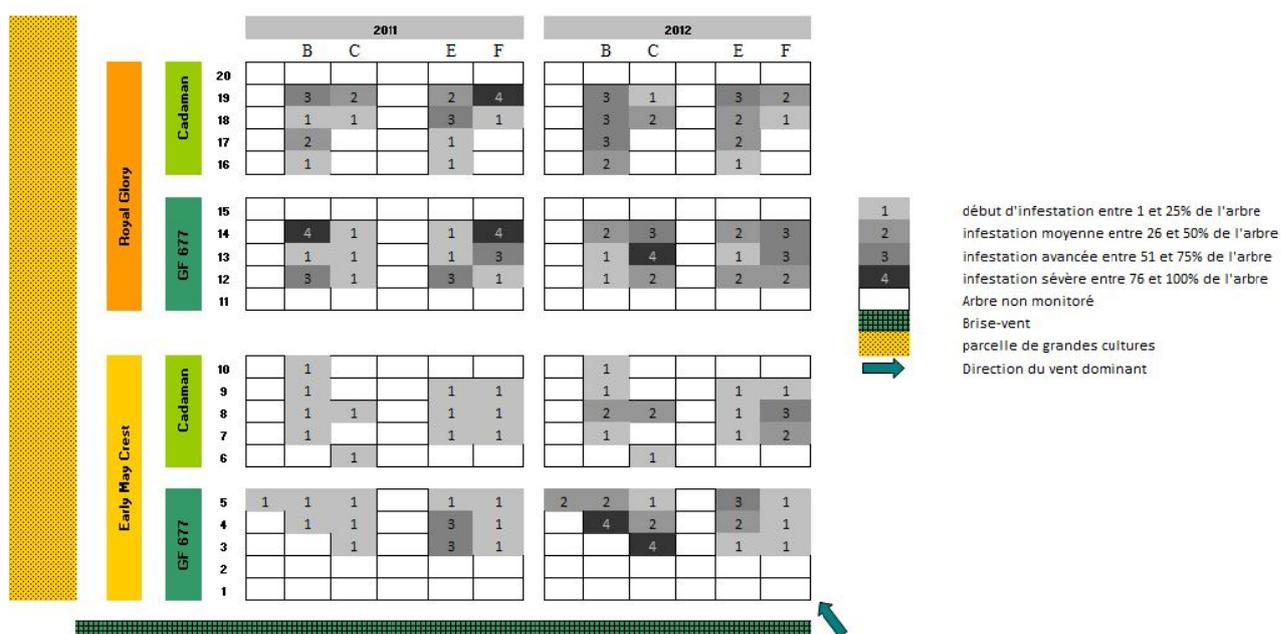


Figure 5. Distribution spatiale et importance de l'infestation dans la parcelle

La distribution spatiale du puceron dans la parcelle a été réalisée au cours de la phase progressive de l'infestation à la deuxième moitié du mois de Mai avant le pic. Il en ressort qu'à cet instant, le puceron

s'est déjà dispersé sur toute la parcelle et a touché tous les arbres monitorés (Figure 5).

La comparaison entre les deux années montre que la sévérité de l'infestation s'est accrue en 2012 par rapport à l'année précédente.

Par ailleurs, en comparant les deux variétés, il s'avère que la majorité des arbres de la variété EMC sont dans les deux premières catégories d'infestation (91% des arbres en 2011 et 83% des arbres en 2012) tandis qu'ils sont répartis de façon plus homogène sur les 4 catégories d'infestation chez la variété RG.

Les arbres des deux variétés qui sont greffés sur Cadaman ont très peu ou pas du tout atteints la phase d'infestation sévère sur les deux ans (8% de la variété sensible uniquement en 2011). La meilleure association de point de vue sévérité d'infestation est, par conséquent, l'association EMC-Cadaman où 83% en moyenne des arbres sont en début d'infestation, s'ajoute à cela les résultats du nombre de pucerons atteint par arbre entre les 2 variétés (Figure 1) ainsi qu'entre les porte-greffes de la variété EMC (Figure 3), exposés dans le paragraphe précédent.

Par ailleurs, l'association de la variété EMC avec le porte-greffe GF677 a présenté plus d'infestation qu'on ne peut expliquer par un effet bordure vu que la distribution du puceron dans la parcelle est hasardeuse. Par contre, l'exposition de ce bloc au vent dominant peut expliquer en partie l'état d'attaque de ses arbres. Des analyses métaboliques devraient répondre à cette question et éclairer sur l'origine interne ou externe de cette augmentation de l'attaque.

#### 4. CONCLUSION

L'étude du comportement du puceron sur deux années montre qu'il existe un effet variétal notable sur l'infestation. Le puceron prolifère massivement sur Royal Glory comparativement à EMC ou sa multiplication et sa colonisation sont continus. Les pucerons parviennent à s'installer et se multiplier aisément sur la variété de saison qui montre des signes de sensibilité, contrairement à la variété précoce plus tolérante. En effet, les pucerons ne parviennent pas à proliférer sur la variété Early MayCrest et ne produisent pas plus 30 individus/branche contre 70 individus/ branche sur la variété Royal Glory.

L'aptitude du puceron à coloniser un même arbre et à se disperser dans tout le verger étant nettement plus grande sur la variété Royal Glory que sur Early MayCrest, elle laisse présager l'existence d'un mécanisme de résistance à *Myzus persicae* chez la variété Early MayCrest.

L'étude de l'association variété/porte-greffe montre que le développement et la propagation du puceron sont nettement moins importants si la variété EMC est greffée sur Cadaman que si elle est greffée sur GF677. La relation variété/porte-greffe est nette sur la variété tolérante, mitigée sur la variété sensible et nécessite d'être approfondie.

En conclusion, il en découle de ce travail que la variété Royal Glory est une variété sensible alors que la variété EMC est tolérante au puceron vert du pêcher. Il apparaît aussi que l'association EMC avec le porte greffe Cadamon est la meilleur pour maîtriser les attaques de ce puceron.

Ces résultats devraient être consolidés par l'étude de l'interaction infestation-croissance de l'arbre et par quelques éléments de réponse métaboliques des deux variétés au stress généré par l'infestation.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ben Halima-Kamel M, Ben Hammouda MH. (1993). Les pucerons des cultures protégées. *Tropicultura*, **11**(2), 50-53.
- Ben Halima-Kamel M, Ben Hammouda MH. (2005). A propos des pucerons des arbres fruitiers de tunisie. *Notes fauniques de Gembloux*, **58**, 11-16.
- Boukhris-Bou hachem S, Souissi R, Turpeau E, Rouze Jouan J, Fahem M, Ben Brahim N, Hulle M. (2007). Aphid (Hemiptera: Aphidoidea) diversity in Tunisia in relation to seed potato production, *Ann. soc. entomol. Fr*, **43** (3), 311-318
- Devonshire AL, Moores GD. (1982). A carboxylesterase with broad substrate specificity causes organophosphorus, carbamate and pyrethroid resistance in peach-potato aphid (*Myzus persicae*). *Pestic. Biochem. Physiol*, **18**, 235-246.
- Ghrab M. (2011). Irrigation déficitaire en arboriculture fruitière: productivité du pêcher et interaction Porte-greffe Variété. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, Institut National Agronomique de Tunisie, 82p.

- Grechi I, Sauge MH, Sauphanor B, Hilgert N, Senoussi R, Lescourret F. (2008). How does winter pruning affect peach tree – *Myzus persicae* interactions?, *Entomol. Exp. Appl.* **128**, 369–379.
- Guesmi J, Ben Halima-Kamel M, Almohandes-Dridi B. (2010). Identification and Population Evolution of Aphids Infesting Artichoke in Tunisia. *Tunisian Journal of Plant Protection*, **83(5)**, 83-90.
- Kfoury L, Massonié G. (1995). caractéristiques de la résistance du cultivar de pêcher Rubira à *Myzus persicae* Sulzer. *Agronomie*, **15**, 277-284.
- Le clant F, (1981), les pucerons des plantes cultivées. Clef d'identification. Grandes cultures. ACTA, 36p.
- Mdellel L, Ben Halima-Kamel M. (2012). Aphids on almond and peach : preliminary results about biology in different areas of Tunisia, *REDIA*, **95**, 3-8.
- Massonié G, Maison P, Monet R, Grasselly C. (1982). Résistance au puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera Aphididae) chez *Prunus persica* (L.) Batsch et d'autres espèces de *Prunus*. *Agronomie*, **2(1)**, 63-70.
- McKinley RG. (1988). Insect pest control on potatoes. *Outlook Agric*, **17**, 30-34.
- Panda N, Khrush GS. (1995). Host plant resistance to insects. CAB international, Oxon, 431p. In : Sauge 1999. Analyse des mécanismes de la résistance du pêcher *Prunus persica* (L.) Batsch au puceron vert *Myzus persicae* (Sulzer). Thèse de doctorat de l'université de paris 6. 188p.
- Petitt FL, Loader CA, Schon MK. (1994). Reduction of nitrogen concentration in the hydroponic solution on population-growth rate of the aphids (Homoptera, Aphididae) *Aphis-gossypii* on cucumber and *Myzus-persicae* on pepper, *Environmental Entomology*, **23(4)**, 930-936.
- RummelDR, Arnold MD, Slosser JE, Neece KC, Pinchak WE. (1995). Cultural factors influencing the abundance of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) in Texas high plains cotton. *Southwestern Entomologist*, **20(4)**, 395-406.
- Sauge MH, Mus F, Lacroze JP, Pascal T, Kervella J, Poessel JL. (2006). Genotypic variation in induced resistance and induced susceptibility in the peach- *Myzus persicae* aphid system. *Oikos*, **113**, 305-313.
- Sauge MH, Grechi I, Poëssel JL. (2010). Nitrogen fertilization effects on *Myzus persicae* aphid dynamics on peach: vegetative growth allocation or chemical defence? *Entomol. Exp. Appl.* **136**, 123–133.
- Stowe KA, Marquis RJ, Hachwender CG, Simms EL. (2000). The evolutionary ecology of tolerance to consumer damage. *Annu Rev Ecol Syst*, **31**, 565-595.
- Strauss SY, Agrawal AA. (1999). The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. *Trends Ecol Evol*, **14**, 179-185.
- Toews RG. (1988). Peach tree, "Early Maycrest". United States Patent USPP06229.[http:// www.patentgenius.com/patent/PP6229.html](http://www.patentgenius.com/patent/PP6229.html)
- Zalucki MP, Drew R, White GG. (1998). Cultural practices to control aphid landing in narrow-leafed lupin crops in Western Australia. *Pest management-Future challenges, proceedings vols 1 and 2*, 289-293.

## Comparing the interactive effects of NPK fertilization and saline water on two genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown in southern of Tunisia

Abdennaceur Ben khaled<sup>1</sup>, Taoufik Hayek<sup>1</sup>, Elhem Mansour<sup>1</sup> & Ali Ferchichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut des Régions Arides de Médenine, Laboratoire d'Aridoculture et Cultures Oasiennes, 4119 Médenine, Tunisia

Email: [Abdennacer1983@yahoo.fr](mailto:Abdennacer1983@yahoo.fr)

### SUMMARY

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is the major cereal in many dry areas of the world. "Ardhaoui" is a local landrace cropped in southern Tunisia which is characterized by its resistance to drought and salinity. In order to study its response to different fertilization doses, an experimental design was used in a split-split plot arrangement: 96 elementary parcels were cultivated with two varieties of barley, 6 doses of fertilizer (NPK; kg), 0-0-0, 200-0-0; 200-250-0; 200-0-150; 0-250-150; 200-250-150) and two levels of salinity.

The total biomass at final harvest, straw yield and yield component associated with different fertilizer doses were determined. The results showed negative effects of salinity on the growth and the development of the barley in the control treatment. Moreover, significant effects of the treatments, variety of barley and their interactions were identified in yield components.

The two-way comparison between the different fertilization treatments show that Nitrogen (N) affects positively the number of spikes/m<sup>2</sup>, the grain number/m<sup>2</sup> and the grain yield/m<sup>2</sup>. In the same way, the Phosphorus (P) increases the total biomass/m<sup>2</sup> and the grain yield/m<sup>2</sup>. The Potassium (K) doesn't affect the different yield parameter. The local barley "Ardhaoui" response to N fertilization consisted in a higher number of grains per unit land area and thus in a higher tillering rate. In addition, grain yield was strongly affected by spikes and grain number per unit surface, which in turn was related to P and N fertilization. Moreover, the local genotype "Ardhaoui" presents a high capacity of tolerance to salinity in comparison with Bakistani and responds positively with the nutritional elements applied by increasing straw and grain yield;

**Keywords:** barley, "Ardhaoui", salinity, fertilization, Nitrogen, Phosphorus, Potassium.

### 1. INTRODUCTION

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the most salt tolerant crop species and it is the fourth largest cereal crop in the world (Jiang et al., 2006). However, salinity limits barley production and it is one of the major abiotic stresses, especially in arid and semi-arid regions where salt concentration can be close to that in the seawater (Shannon, 1998). Several accessions of barley exist in Tunisia and the most known are "Souihlis", "Ardhaoui", "Frigui", "Beldi", "Djebali", "Sfira" and "Djerbi" (El Faleh and Mdimagh, 2005). Salinity is one of the important limiting factors for agriculture overall in the Mediterranean region. It affects about 7% of the world's total land area (Flowers et al., 1997). Approximately 930 million ha of cultivated land affected are currently threatened by salinity (Munns, 2002; Kefu et al., 2002). Tunisia is concerned by the salinity problem. Based on FAO (2005), about 1.8 million hectares representing 11.6% of the total surface of the country, are affected by salinity.

Nutrition and fertilization belong among the most significant intensification and rationalization measures at barley growing. Fertilizer management can strongly affect crop productivity under conditions of drought or salinity. Thus, the addition of nutrients can either enhance or decrease plants' resistance to drought or salinity or have no effect at all, depending on the level of water availability and salt stress. Salinity- or drought-to-fertility relationships have been reviewed during the last decades (Oertli, 1991; Alam, 1999; Grattan and Grieve, 1999). However, since most dry areas also suffer from salinity, a comparison of mineral-nutrient management for salinity and drought stresses will help to develop strategies that improve plant resistance to either and/or both of these stresses.

Under semi arid Mediterranean conditions, nitrogen fertilization (N fertilization) may also increase WUE by stimulating dry matter production (Latiri- Souki et al., 1998), through a more rapid growth and improved transpiration efficiency. However, yields and WUE may be reduced when excessive N fertilizer is applied (Bladenopoulos and Koutroubas, 2003; Cantero-Martinez et al., 1995). Moreover, N fertilization has to be adjusted because excessive N fertilization is an economical loss and leads to

negative environmental consequences (Shepherd et al., 1993). In the Mediterranean basin, N fertilizer rates for barley production have been usually applied between 200 and 250 kg of N ha<sup>-1</sup> without agronomical control in many cases (Cantero-Martinez et al., 2003). These rates must be reduced to reach equilibrium among cost, environment and productivity. The objective of this work are (i) to study the effects of salinity stress and NPK fertilization on the yield parameters (ii) To compare the capacity of tolerance to salinity and the response to NPK fertilization of local (Ardhaoui) and introduced (Bakistani) varieties under salt conditions.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. General conditions

The experiment was carried out during 2010-2011 growing season in the experimental field of the Institute of dry lands of Medenine (IRA). The experiment focused on variability among two genotypes of barley under saline water and different mineral fertilization combination.

The climate is typical arid region of Mediterranean with a mild winter, characterized by 20 years average annual of 150 mm mostly concentrated in autumn and winter months, with maximum air temperature of 35-42°C in summer. The main weather parameters, including air temperature, precipitation, were collected from a standard agro-metrological station located at 100 m from the experimental field. The soil, 0,7-0,8 m deep, is a sandy soil with the following texture: clay 5.38%, loam 6.72%, thin sands 4.15%, very thin sands 6.72% and coarse sands 40.88%, C/N 26.8, Hcc:23.75%, PFP: 14.1%, Da:0.9 g/cm<sup>3</sup>; Na<sup>+</sup>(ppm):9.83, K<sup>+</sup>(ppm):57.5 and electrical conductivity of saturation extract (ECe) equal to 2.78dS/m before sowing. The experiment was always hand-sown carefully in objective to maximize the uniformity of the plot. In all experiment, plots were managed to minimize interferences from biotic stresses. Weeds were removed by hand, to avoid any negative effect of hormonal herbicides.

**Table 1.** Agronomic and management practices carried out during the experiment.

Observation	2010-2011
Sowing date	8 December 2010
Genotypes	Ardhaoui and Bakistani
Seeding depth (cm)	4-5
Row space (cm)	15
Seeding rate (plants/m <sup>2</sup> )	250
Cultivated area (m <sup>2</sup> )	120
Plot superficie (m <sup>2</sup> )	1.8
Irrigation salinity (dS/m)	2.6 and 10.5
Fertilisation treatments (kg/ha)	T1: 0 kg/ha N -0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 0 kg/ha K <sub>2</sub> O T2: 200 kg/ha N -0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 0 kg/ha K <sub>2</sub> O T3: 200kg/ha N -250 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 0 kg/ha K <sub>2</sub> O. T4: 200 kg/ha N -0 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 150 kg/ha K <sub>2</sub> O. T5: 0kg/ha N -250 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 150 kg/ha K <sub>2</sub> O. T6: 200kg/ha N -250 kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 150 kg/ha K <sub>2</sub> O.
Harvest	25 May 2011
Growin period (days)	167 days

### 2.2. Treatments and agronomic management

The experimental design was split-split-plot design with four replicate. Salinity levels were assigned to main plots, fertilization treatments assigned as sub plot and barley genotypes as sub-sub-plot. The salinity of irrigation incorporated two levels 2.6 S/m and 10.5 dS/m. The mineral fertilization treatments induced by six combination of NPK as showing in table 1 and finally the barley genotypes induced two genotypes: "Ardhoui" selected from southern Tunisia as tolerant to drought and salinity stress and "Bakistani" introduced variety by the ministry of agriculture as very tolerant variety to abiotic stress. Water was applied through the crop cycle by drip irrigation system in objective to keep the plots close to field capacity and to avoid any forms of drought. The experiment was hand sown at 250 seeds/m<sup>2</sup> on 8 December 2010 in sub-sub-plot of 8 rows, 0.15 m apart (1.2m of width) and 1.5m long ( with a separation between sub-plots of 2m). The mineral fertilization was applied in the

beginning of the experience as 100%, 100% and 25% of the total quantity, respectively, for P2O5, K2O and N. The other quantity of Nitrogen (75% of the total quantity) was applied at the beginning of tillering.

### 2.3. Yield analysis

Harvest date was determined at grain moisture of 15%. Yield was determined in sampling areas of 1 m<sup>2</sup> from the central rows of each sub-plot, where the number of grains, 1000-grain weight, grain yield and aboveground biomass were measured. Mean 1000 grains weight was calculated from the weight of 1000 grains each from the sampling area.

### 2.4. Statistical analysis

All data were statistically analyzed by ANOVA using SPSS software 18.0. Three factors (salinity levels, Minerals fertilization treatments and Barely genotypes) were analyzed together, according to a split-strip experimental design. Mean separation was performed only when the F-test indicated significant ( $P < 0.05$ ) differences among the factors. The different interactions were also reported and significant differences were analyzed at  $P < 0.05$ .

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Climatic conditions

The weather regime, in terms of maximum ( $T_{max}$ ) and minimum air temperature ( $T_{min}$ ) and rainfall, during the experimental year 2010-11 is shown in Fig.1. The average of air temperature during the season was very similar to the 20-year average values.

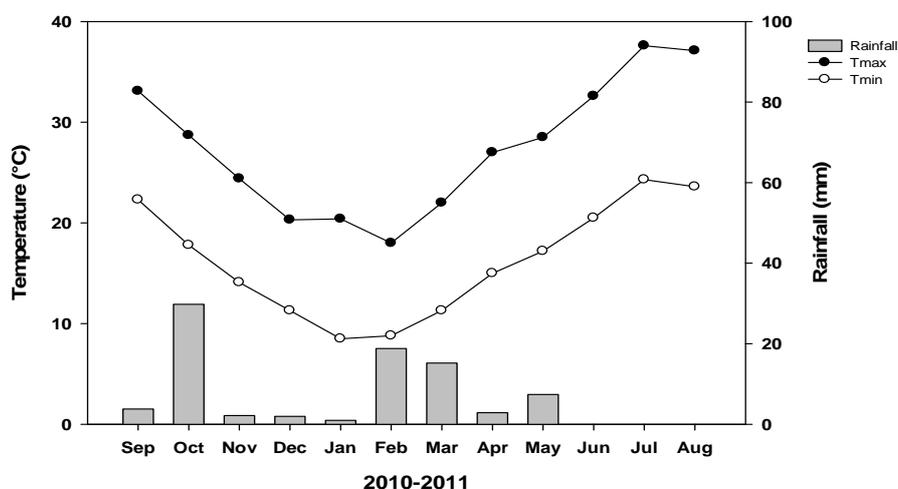


Figure 1. Rainfall, air temperature ( $T_{min}$  and  $T_{max}$ ) during the tow experimental years (2010-2011)

In the season 2010-2011 and before sowing we recorded an amount of 35.8 mm (43% of the total precipitation). In fact during the crop cycle we recorded 47.3 mm.

### 3.2. Yield and yield components

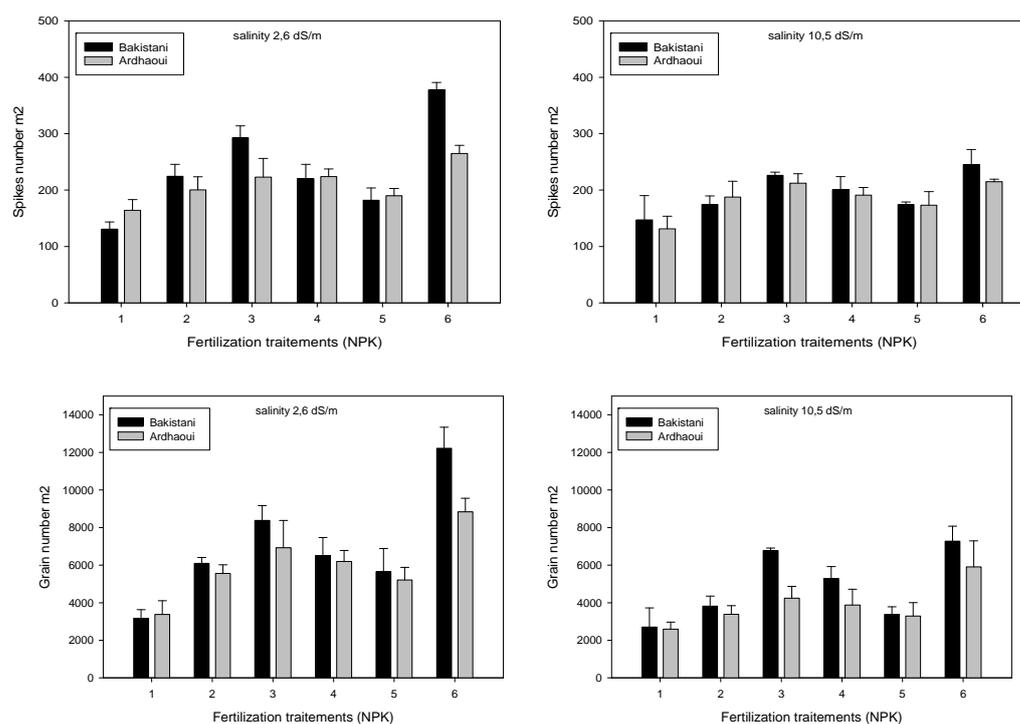
The analysis of variance (Table 2) shows the effect of salinity, genotypes and fertilization treatments on the different parameters.

**Table 2.** Analysis of variance for spike number, grain number/m<sup>2</sup>, Total Biomass, straw and grain yield under the effect of the salinity levels, genotypes, fertilization treatment and their interaction.

Source of variation	d.f	Spikes number	Grain/m <sup>2</sup>	Total Biomass	Straw yield	Grain yield
<b>E<sub>A</sub></b>						
Salinity (S)	1	***	***	***	***	***
<b>E<sub>B</sub></b>						
Genotypes (G)	1				*	
S*G	1					
<b>E<sub>c</sub></b>						
Fertilization (F)	5	***	***	***	***	***
F*S	5			**	**	
G*F	5					
S*G*F	5					

\*\*\* significant at 1% \*\* significant at 1%, \* significant at 5%.

Salinity and fertilization treatments present highly significant effect on the different parameters (i.e, spikes number and the yield components). while, the genotypes show significant effect only for grain number per spike and the straw yield, in the same way the different interactions between the factors show significant effect in Total dry matter and straw yield only for the interaction Fertilization\*salinity.

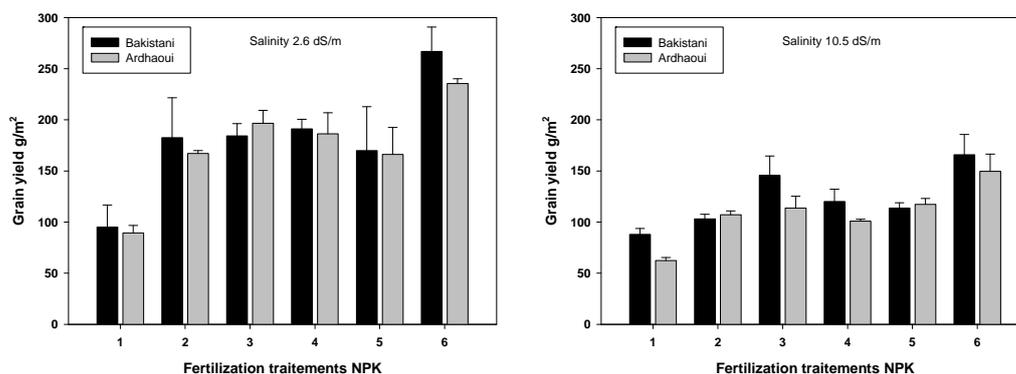


**Figure 2.** Variation of the mean spike number/m<sup>2</sup> and Grain number/m<sup>2</sup> between genotypes and between fertilization treatments (T1-T6) under two levels of salinity (2.6 dS/m and 10.5 dS/m). Vertical bars indicate standard errors of means.

The results show that the salinity affects negatively the spike number/m<sup>2</sup> (Figure 2). Therefore, without fertilization (treatment 1) Bakistani don't show any significant difference between spike number in the tow salinity levels. The spike number decrease from 169 to 146 spikes/m<sup>2</sup> for Ardhaoui. The different fertilization treatments show significant difference in the spike number/m<sup>2</sup> for the tow genotypes. The Nitrogen increases the spike number/m<sup>2</sup> for the tow genotypes and under the tow levels of salinity. Therefore, the average increase by 60% and 20% in 2.6 dS/m and 25%, 28% in 10.5 dS/m respectively for Bakistani and Ardhaoui. The highest spike number/m<sup>2</sup> for the tow genotypes

were recorded in the treatment 6 (200kg/ha N -250 kg/ha P2O5- 150 kg/ha K2O) by 276 and 235 spike/m<sup>2</sup> in 2.6 dS/m and by 223 and 225 spike/m<sup>2</sup> in 10.5 dS/m respectively for Bakistani and Ardhaoui.

The ANOVA results show that the two factors salinity and fertilization treatments have significant effects on the variation of the number of grains/m<sup>2</sup> but their interaction is not significant (Table 2). The salinity decreases the grain number/m<sup>2</sup>. Therefore, the averages decrease from 3581 grains/m<sup>2</sup> to 2558 grains/m<sup>2</sup> for Bakistani and from 3364 grains/m<sup>2</sup> to 2138 grains/m<sup>2</sup> for Ardhaoui respectively in 2.6 dS/m and 10.5 dS/m. in the same way, the response of Bakistani variety to the different fertilization combination (NPK) are clearer than Ardhaoui in the tow salinity levels (2.6 dS/m and 10.5 dS/m). The highest grains number/m<sup>2</sup> were recorded in the treatment 6 (200 kg/ha N -250 kg/ha P2O5- 150 kg/ha K2O) by 8698 and 6588 grains/m<sup>2</sup> in 2.6 dS/m and by 7788 and 6119 spike/m<sup>2</sup> in 10.5 dS/m respectively for Bakistani and Ardhaoui.

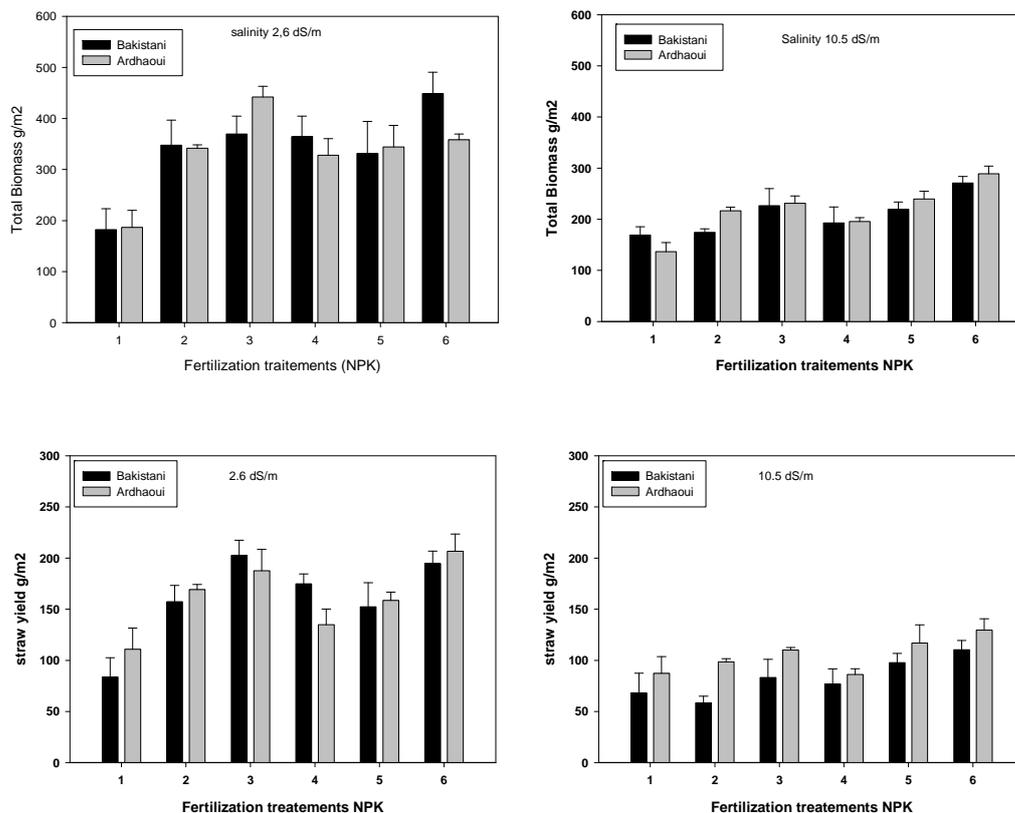


**Figure 3.** Variation of the mean grain yield /m<sup>2</sup> between genotypes and between fertilization treatments (T1-T6) under two levels of salinity (2.6 dS/m and 10.5 dS/m). Vertical bars indicate standard errors of means.

The statistic results show that the two factors salinity levels and fertilization treatments have significant effects on the variation of the grains yield but their interaction is not significant (Table 2). The figure 3 illustrates the variation of the grain yield for the tow genotypes under tow salinity levels and six fertilization treatments. The averages of grain yield varies between 95g/m<sup>2</sup> to 266 g/m<sup>2</sup> for Bakistani, between 89g/m<sup>2</sup> to 235 g/m<sup>2</sup> for Ardhaoui in 2.6 dS/m. In the same way (Figure 3) Ardhaoui present significant decrease of 10% in the treatment 1 at 10.5 dS/m in comparison with the same treatment in 2.6 dS/m. For the higher salinity level, a significant decrease in grain yield was observed (Figure 3).

Nitrogen fertilization (comparison between treatment 1 and 2) increase the grain yield for the tow genotypes in the tow salinity levels. Therefore, the averages increase by 60 g/m<sup>2</sup> in 2.6 ds/m and by 30 g/m<sup>2</sup> in 10.5 dS/m for the tow genotypes.

The salinity 10.5 dS/m affects the grain yield and the tow genotypes don't show significant difference under the fertilization treatment. The highest grain yield for the tow genotypes were recorded in the treatment 6 (200kg/ha N -250 kg/ha P2O5- 150 kg/ha K2O) by 266 and 235 g/m<sup>2</sup> in 2.6 dS/m and by 165 and 149 g/m<sup>2</sup> in 10.5 dS/m respectively for Bakistani and Ardhaoui.



**Figure 4.** Variation of the mean total biomass/m<sup>2</sup> and straw yield/m<sup>2</sup> between genotypes and between fertilization treatments (T1-T6) under two levels of salinity (2.6 dS/m and 10.5 dS/m). Vertical bars indicate standard errors of means.

The total biomass can be divided in 2 components: the grain and the straw yield. Indeed, these two components reflect the different aspects of plant development. Thus, the major part of the straw production takes place during the early stage of growth cycle and it is essentially related to the vigor and the vegetative growth as the tiller number, the leaves number, the height of the plants and the accumulation of the reserves during the vegetative stage. Whereas the grains yield takes place mainly during the productive phase and it is essentially influenced by spike number, spike fertility, grain-filling period and by the efficiency of the reserve mobilization.

Salinity levels, genotypes and fertilization treatment affect significantly the straw yield. The total biomass was affected by the salinity levels and the fertilization treatment and only the interaction salinity\*fertilization affects both straw yield and total biomass.

The figure 4 illustrates the variation of the total biomass and the straw yield for the two genotypes under two salinity levels and six fertilization treatments. The averages of the total biomass varies between 182g/m<sup>2</sup> to 448 g/m<sup>2</sup> for Bakistani, between 209g/m<sup>2</sup> to 446 g/m<sup>2</sup> for Ardhaoui in 2.6 dS/m. At 10.5 dS/m, we observe a significant decrease in total biomass for all the fertilization treatment.

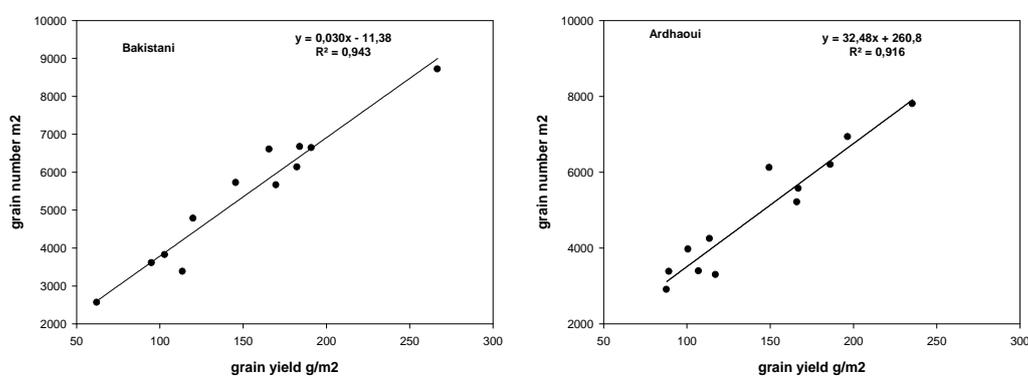
Nitrogen fertilization increases the total biomass for the two genotypes in the two salinity levels. Therefore, the averages increase by 120g/m<sup>2</sup> in 2.6 ds/m and by 50 g/m<sup>2</sup> in 10.5 dS/m for the two genotypes.

#### 4. DISCUSSION

Results of this trial shows that the total biomass and the grain yield are negatively affected by salinity. Thus, in in 2.6 dS/m we recorded a grain yield varies between 95<sup>2</sup> to 266 g/m<sup>2</sup> for Bakistani and between 89 to 235 g/m<sup>2</sup> for Ardhaoui .whereas in the conditions of moderate stress (10.5 dS/m) the grain yield decreases by 10%. Similar results showing a reduction of the barley yield under salt stress were founded by Sohrabi (2008), Taffouo (2009) and Gill (1979). The depressive effects of the

salinity on the growth and the productivity of the plants are the results of the difficulties in water uptake, mineral nutrition and the toxicity of the ions accumulated within plant tissue (L. Xiong et al., 2002).

The twice comparison between the different fertilization treatments show that Nitrogen (N) affect positively the number of spikes/m<sup>2</sup>, the grain number /m<sup>2</sup> and the grain yield/m<sup>2</sup>. In the same way, the Phosphorus (P) increases the total biomass/m<sup>2</sup> and the grain yield/m<sup>2</sup>. The Potasium (K) doesn't affect the different yield parameter. Grain yield was strongly affected by the number of grains per unit surface, which in turn was related to N fertilization across all the fertilization treatments. The strict relationship between the number of grains and yield has been observed by several authors in many species (Fischer, 1985; Demotes-Mainard et al., 1999; Cossani et al., 2007, 2009) and it is common in winter cereals (Jamieson et al., 1995). The effect of N fertilization mainly on the number of grains/m<sup>2</sup> has been observed also in other studies (Karam et al., 2009). Because only mild water stress did occur during the experimental period, different crop traits mainly emerged in response to nitrogen fertilization.



**Figure 5.** Relationship between grain yield/m<sup>2</sup> and grain number/m<sup>2</sup> for the tow genotypes Bakistani and Ardhaoui.

Barley response to N fertilization consisted in a higher number of grains per unit land area and thus in a higher tillering rate compared to wheat; hence differences between the crops occurred mainly during the early growth stages. This behaviour can be explained with the greater availability of N deriving from fertilizer during the initial growth period, as demonstrated by Garabet et al. (1998). As concerns the higher yield potentiality of wheat at higher N rates, Karam et al. (2009) observed that the supply of 150 and 200 kg N ha<sup>-1</sup>, compared to 100 kg ha<sup>-1</sup>, increased the number of grains per unit land area by 11 and 17% and 24 and 39%, as average of 3 years in two durum wheat cultivars.

The local barley "Ardhaoui" response to N fertilization consisted in a higher number of grains per unit land area and thus in a higher tillering rate. In addition, grain yield was strongly affected by spikes and grain number per unit surface, which in turn was related to P and N fertilization. Moreover, the locale genotype "Ardhaoui" present a high capacity of tolerance to salinity in comparison with Bakistani and respond positively with the nutritional elements applied by increasing straw and grain yield.

#### **Acknowledgements**

We thank Jamel Zaroug and Bachir Chwikhi, Belgacem Lachiheb and Leila Ben Yahia for their collaboration in field and in laboratory works. This work was supported by PRF project "amelioration of barley yield in southern Tunisia" from Tunisian ministry of agriculture.

#### **REFERENCES**

- Alam, S. M. (1999): Nutrient uptake by plants under stress conditions, in Pessaraki, M.: Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York, pp. 285–314
- Bladenopoulos, K.B., Koutroubas, S.D., 2003. Influence of autumn nitrogen fertilisation and climate on winter barley in Greece. Agricultura Mediterranea 133: 202-210.
- Cantero-Martínez, C., Angás, P., Lampurlanés, J., (2003). Growth, yield and water productivity of barley (*Hordeum vulgare*, L.) affected by tillage and N fertilization in Mediterranean semiarid, rainfed conditions of Spain. Field Crops Res., 84: 342-357.

- Cantero-Martínez, C., J.M. Villar, I. Romagosa and E. Fereres. (1995a). Growth and yield responses of two contrasting barley cultivars in a Mediterranean Environment. *Eur. J. Agron.*, 4:317-326
- Cossani, C.M., Savin, R., Slafer, G.A., (2007) Contrasting performance of barley and wheat in a wide range of conditions in Mediterranean Catalonia (Spain). *Ann. Appl. Biol.* 151, 167–173.
- Cossani, C.M., Slafer, G.A., Savin, R., (2009). Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in a Mediterranean site. *Field Crops Res.* 112, 205– 213
- Demotes-Mainard, S., Jeuffroy, M.H., Robin, S., (1999). Spike dry matter and nitrogen accumulation before anthesis in wheat as affected by nitrogen fertilizer: relationship to kernels per spike. *Field Crops Res.* 64, 249–259.
- El Faleh, M., Mdimagh, S.: Food barley in Tunisia. In *Food Barley: Importance, uses and local Knowledge* (pp. 29-35), ICARDA, 2005.
- Fischer, R.A., (1985). Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci.* 105, 447–461.
- Flowers, T.J., Garcia, A., Koyama, M., Yeo, A.R.: Breeding for salt tolerance in crop plants: the role of molecular biology. *Acta Physiol. Plantarum.* 19: 427-433, 1997. <http://dx.doi.org/10.1007/s11738-997-0039-0>
- Garabet, S., Wood, M., Ryan, J., (1998). Nitrogen and water effects on wheat yield in a Mediterranean-type climate. 1. Growth, water-use and nitrogen accumulation. *Field Crops Res.* 57, 309–318.
- Grattan, S. R., Grieve, C. M. (1999): Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments, in Pessarakli M.: *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York, pp. 203–229.
- Jamieson, P.D., Martin, R.J., Francis, G.S., (1995). Drought influences on grain yield of barley, wheat, and maize. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 23, 55–66.
- Jiang, Q., Roche, D., Monaco, T.A., Durham, S.: Gas exchange, chlorophyll fluorescence parameters and carbon isotope discrimination of fourteen barley genetic lines in response to salinity. *Field Crops Research.* 96: 269-278, 2006.
- Karam, F., Kabalan, R., Breidi, J., Roupheal, Y., Oweis, T., (2009). Yield and water production functions of two durum wheat cultivars grown under different irrigation and nitrogen regimes. *Agric. Water Manage.* 96, 603–615.
- Kumar, A., Singh, D.P., Singh, P.: Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water-use efficiency and yield of *Brassica juncea* L. *Field Crops Res.* 37: 95-101, 1994.
- Latiri-Souki, K., Nortcliff, S., Lawlor, D.W., (1998) : Nitrogen fertilizer can increase dry matter, grain production and radiation and water use efficiencies for durum wheat under semi-arid conditions. *Eur. J. A.*, 9: 21–34.
- Munns, R.: Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment.* 25: 239-250, 2002. <http://dx.doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
- Oertli, J. J. (1991): Nutrient management under water and salinity stress, in: *Proceeding of the symposium on nutrient management for sustained productivity*. Depart. Soils Punjab Agric. Unver. Ludhiana, India, pp. 138–165
- Shannon, M.C.: Adaptation of plants to salinity. *Adv. Agron.* 60: 75–119, 1998.
- Shepherd, M.A., Davies, D.B., Johnson, P.A., (1993). Minimizing nitrate losses from arable soils. *Soil Use Manag.*, 9: 94-98.
- Sohrabi, Y., Heidari, G., Esmailpoor, B.: Effect of salinity on growth and yield of desi and kabuli chickpea cultivars. *Pak. J. Biol. Sci.* 11: 664-667, 2008.
- Sohrabi, Y., Heidari, G., Esmailpoor, B.: Effect of salinity on growth and yield of desi and kabuli chickpea cultivars. *Pak. J. Biol. Sci.* 11: 664-667, 2008.
- Taffouo, V.D., Kouamou, J.K., Ngalangue, L.M.T., Ndjeudji, B.A.N., Akoa, A.: Effects of salinity stress on growth, ions partitioning and yield of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivars. *Int. J. Bot.* 5: 135-143, 2009.
- Xiong, L., Zhu, J.K.: Salt tolerance. In *The Arabidopsis Book*, American Society of Plant Biologists pp: 1–22, 2002.

## Effect of sowing dates on growth and yield of tossa jute (*Corchorus olitorius* L.)

Amira Racha Ben Yakoub \*, Ali Ferchichi

Institut des Régions Arides de Médenine, Laboratoire d'Aréiculture et Cultures Oasiennes, 4119, Tunisia.

Email: [amirabenyakoub@live.fr](mailto:amirabenyakoub@live.fr)

### SUMMARY

In order to investigate the impact of sowing time on growth parameters, the length of the development cycle and yield of tossa jute (*Corchorus olitorius* L.), field experiment was conducted from March to May 2011. Results of the experiment revealed that the early sowing (the middle of March, the beginning of April) induced a cycle of more than 100 days to reach the stage maturity and generates a marked drop in production. This period of plantation affects plant development and leads to a sharp drop in performance marked primarily by a reduction in growth, number and size of leaves, number of flowers and pods and weight of different parts of plant. Sowing from the end of April seems appropriate for shortening the development cycle and better profitability than the first two dates. Seeding of *C. olitorius* during May enhance the development of plants more dense, which explains the superiority of production marked by the increase of seed yield and leaf fresh and dry weight of this leafy vegetables.

**Key words:** tossa jute (*Corchorus olitorius* L), sowing date, growth, yield.

### RESUME

Afin d'étudier l'impact du moment de semis sur les paramètres de croissance, la longueur du cycle de développement et le rendement de la corète potagère (*Corchorus olitorius* L.), une expérience a été menée sur le terrain durant la période de Mars - Mai 2011. Les résultats de l'expérience ont montré que le semis précoce (mi Mars, début Avril) induit un cycle de plus de 100 jours pour atteindre le stade de maturité et génère une baisse marquée de la production. Cette période de plantation affecte le développement et conduit à une forte baisse des performances marquée principalement par une réduction de la croissance, le nombre et la surface des feuilles, le nombre de fleurs et de gousses et le poids des différentes parties de la plante. Semer vers la fin Avril semble approprié de raccourcir le cycle de développement et assurer une meilleure rentabilité que les deux premières dates. L'ensemencement de *C. olitorius* en Mai favorise le développement des plantes plus denses, ce qui explique la supériorité de la production marquée par l'augmentation du rendement des graines et des feuilles fraîches et sec de ces légumes-feuilles.

**Mots-clés :** *Corchorus olitorius*, date de semis, croissance, rendement.

### 1. INTRODUCTION

Tossa jute is an important cash crop that belongs to the genus of about 40-100 species of flowering plant in the family Tiliaceae and genus *Corchorus*. There are two cultivated species of jute namely, *Corchorus olitorius* (Tossa jute) and *Corchorus capsularis* (Desi Jute) (BJRI, 1998). *C. olitorius* is a popular green vegetable plant (Musa et al., 2010). This vegetable is also known as: nalta jute, Jew's mallow, bush okra, jute mallow, krinkrin, tossa jute, West African sorrel (Tindal, 1993). In traditional jute cultivation at farm level the farmers usually sow seeds in different times; optimum sowing time plays a very important role. Sometimes farmers use improved technologies for higher yield and quality fibre. However, in many cases they do not follow the appropriate date of sowing for jute cultivation. As a result, they do not get satisfactory yield. About 12% of yield increment was obtained when timely weeding-planting were completed (Rahman et al., 2003). The yield of jute is greatly influenced by different day length hours. It is sensitive to photoperiod and a short day plant that grows well at high temperature (25 - 35 °C) and high humidity (Fondio and Grubben, 2004; Vincent and Yamaguchi, 1997). Under low temperature and short days, such conditions tends to slow the vegetative growth in addition to promoting flower formation to be started early at 2-3 leaf stage. It gives stunted growth and flowers early when it is planted to short days less than its critical period. The critical photoperiod is 12 hrs for *C. capsularis* and that for *C. olitorius* is 12.50 hrs (Johansen et al. 1985; Li, 1964). Appropriate sowing time of various vegetable crops results in higher economic yield

without involving extra cost as it helps genotypes to express their full growth potential. In Egypt, Wahba *et al.* (2003) reported that sowing Jew's mallow on the 1<sup>st</sup> of June gave the highest total yield, vegetative growth, while it gave the lowest net leaves weight percentage comparing with sowing on 1st of April and 1st of May. In another study, Abd-Allah and Nasr (2005) suggested that the best date in order to grow Jew's mallow for seed and fresh foliage yields, in Alexandria area, might be on mid of May. In the same context, Rashwan (2011) reported that sowing on April 25 gave significantly higher total fresh yield, number of branches/plant, green and dry fresh yield and longest plant height compared with early sowing February. In Bangladesh conditions, day length goes above 12 hrs from 22 March and 12.50 hrs from 14 April. Thus, maintaining harmony with photoperiod and thermal sensitivity, *C. capsularis* seeds is sown from 22 March and that of *C. olerius* from 14 April (Rayhan *et al.*, 2008).

Previous work on growth and yield of *C. olerius* used as a vegetable is not enough. Therefore, the present work was designed to study the plant response to different sowing dates to detect the proper one that produce maximum growth and yield of seed and fresh and dry foliage in Tunisia.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Plant material and growth conditions

The present study was carried out during the summer seasons of 2011 at the laboratoire d'Ardoculture et Cultures Oasiennes, 'Institut des Régions Arides de Médénine', Tunisia. Sowing was done from March to May. Seeds of *C. olerius* were obtained from plants which were collected from Gabes oasis (Southeast Tunisia). Before planting, grain were sterilized with 50% Clorox for 5 min, and then repeatedly washed with distilled water. The sterilized seeds were placed on paper in Petri dishes where soaked in water at 100 °C with sulphuric acid for 5 min. This pretreatment improve germination and seedling emergence (Velemplini *et al.*, 2003; Kak *et al.*, 2009). Seeds were germinated at 25 °C, in the peat and watered every three days. Transplanting was effected when the seedlings reached three leaf stages (one plant per pot) in 12 cm diameter plastic pots filled with a uniform soil - peat mixture in 2/3: 1/3. Plants were irrigated two times at week with tap water and grown in a glasshouse as follows 25 °C temperature and natural lighting.

Sowing was done on four different dates, i.e., (D1: 15 March, D2: 1 April, D3: 15 April and D4: 1 May). The experiment was arranged in lines completely random design (CRD) with eight replicates (an additional number of pots were used and for possible replacement on failure) for every date tested.

### 2.2. Recorded data

Each parameter is followed throughout the development cycle of tossa jute with a number equal to 8 repetitions. Destructive parameters such as leaf area, fresh and dry phytomass are measured only at the end of the experiment.

Agronomic attributes scored were; plant height (cm), number of leaves, flowers and pods per plant (counted), leaf area (cm<sup>2</sup>) and the development cycle (days).

During the last day of the experiment, eight mature leaves per treatment were gathered to measure leaf area. The leaves were scanned and the area (cm<sup>2</sup>) is obtained by using the software (mesurium).

At the end of the experience, destructive analysis was done, by harvesting the plants according to treatment, and collected samples were properly labeled and taken to the laboratory for data collection.

The fresh mass and dry mass of aerial and root part were measured. Samples were dried in an oven at 80 °C, after 48 h the dry weight per plant (g) was determined by using electronic balance.

### 2.3. Statistical analysis

Statistical analyses were performed using XLSTAT software (<http://www.xlstat.com>). An analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan test were carried out to determine if significant ( $p < 0.05$ ) differences occurred between different dates of sowing tested.

## 3. RESULTS

### 3.1. Effect of sowing date on plant height

The plant height of jute mallow was affected significantly by sowing time (Figure 1). Indeed, the plants were grouped into four classes statistically different ( $P < 0.0001$ ). The tallest plant was obtained

when the crop was sowing on D4 (1 May); the second highest value was obtained for the sowing on D3 (15 April), while the smallest plant was obtained for the earliest dates D1 (15 March). It turns out that the delayed sowing promotes growth in height. Thus, planting in D4 is the most favorable for the stimulation of plant development. This stimulation is 46.23, 31.18 and 7.52% respectively compared to planting dates D1, D2 and D3.

### 3.2. Effect of sowing date on number of leaves and leaf area

Figure 2 shows that seeding date has affected the number of leaves per plant. In fact, the date D4 has grown an average of plants with 38 leaves after 75 days of transplantation while early planting dates D1 and D2 stimulate respectively the formation of 20 and 23 leaves per plant after 109 105 days of transplantation respectively. Statistically, the differences are highly significant ( $P < 0.0001$ ).

Early sowing limits considerably leaf expansion (Figure 3). The analysis of variance showed a highly significant effect of sowing date on the leaf surface of plants ( $P < 0.0001$ ). In fact, the date D1 induced the lowest value of leaf area,  $10.56 \text{ cm}^2$  while later dates are improving this area. The maximum value was recorded for the date D4 inducing the formation of sheets having a mean area equal to  $16.44 \text{ cm}^2$ .

### 3.3. Effect of sowing date on flowering, fructification and the development cycle

The number of flowers  $\text{plant}^{-1}$  differed significantly due to planting time (Figure 4). This figure shows that the formation of flowers is affected from the date D3. In fact, the dates D1 and D2 showed a statistically similar effect and stimulated respectively the formation an average of 2 and 3 flowers/plant. Sowing on mid of May (D4) presented the highest flowering by the production of 7 flowers / plant. The homogeneity of the effect of the first two planting dates on the number of flowers was not noted for the number of pods formed and had a statistically different effect (Figure 4). Fruiting is negligible for these early planting dates. It is maximal for plants sown on May which induces the production of 6 pods per plant. The results of the analysis of variance of the number of flowers and pods / plant showed highly significant effects of the different sowing date jute mallow ( $P < 0.0001$ ).

Sowing date turns out to have a significant effect on the time that elapses before the appearance of pods (Figure 5). This period is 72, 67, 51 and 45 days respectively for the dates D1, D2, D3 and D4. Therefore, the delay planting 45 days (difference between day D4 and D1) seems to enjoy 27 days for the appearance of pods.

Similarly, the total cycle time was remarkably affected by planting date (Figure 5). Thus, sowing date D1 has enabled plants to make their cycles in 109.38 days while those from the date D2 spent 105 days in the performance of their maturity. This reduction is more remarkable for later dates: plants sown in the date D3 doing their rounds in 90 days and that the date D4 took advantage of more than 15 days early.

Analysis of variance showed a highly significant effect of sowing date on the time of occurrence of pods and the total cycle time ( $P < 0.0001$ ).

### 3.4. Effect of sowing date on yield

#### 3.4.1. Fresh production

The values of fresh mass production in the various sowing dates are shown in Table 1. Sowing on May (D4) produce plants with a fresh weight of 28.22 g. This value showed a statistically significant superiority of 86.74, 69.06 and 20.48% respectively for the dates D1, D2 and D3.

This table illustrates that there is great variability in the fresh material obtained from the stems as planting date. The maximum value is recorded in plants sown in May with training of about 4.6 g / plant. Early sowing resulted in a remarkable decrease in production stems planted in the date D1, plants have weight not exceeding 1.07 g.

For planting dates D1 and D2, we note that there is a low production since there is formation of a limited number of leaves of small size. Delayed sowing ensures higher training fresh leaf material compared to that produced during the early seedling with a maximum value recorded for the date D4 with a production of 15.21 g / plant. This value showed a statistically significant superiority of 89.21, 77.77 and 9.27% respectively for the dates D1, D2 and D3 (Table 1).

The variation of the fresh weight of the capsules is proportional to the time of sowing. Indeed, for all seedlings, the values of fresh material formed from the pods show a progressive increase through the

planting date D1 to D4 (moving from 0.44 to 5.45 g/plant). The statistical model used was differences revealed highly significant ( $P < 0.0001$ ).

Table 1 shows also that the most vigorous root system is formed for plants sowing on May submitting a weight of 2.79 g. This mass is statistically higher than those recorded for the other three planting dates that they even form three statistically heterogeneous classes ( $P < 0.0001$ ).

### 3.4.2. Dry production

The analysis of the figure 6 shows that there is a highly significant effect of sowing date on the production of leaf dry matter ( $P < 0.0001$ ). The highest production was observed in the plants sown in the date D4 with formation of 2.68 g / plant. For the dates D1 and D2, we note that there is a considerable drop in production (87 and 70.52% respectively compared to the date D4). This can be explained by the production of a limited number of small leaves.

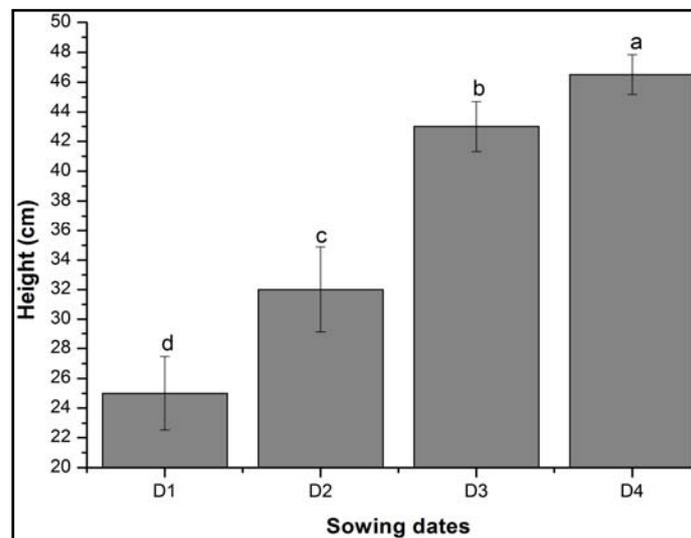


Figure 1. Effect of sowing time on growth of *C. olitorius*

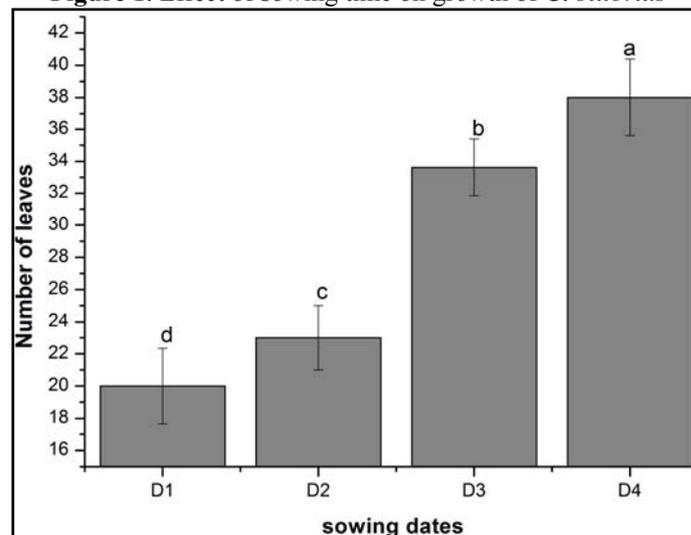


Figure2. Effect of sowing time on number of leaves of *C. olitorius*

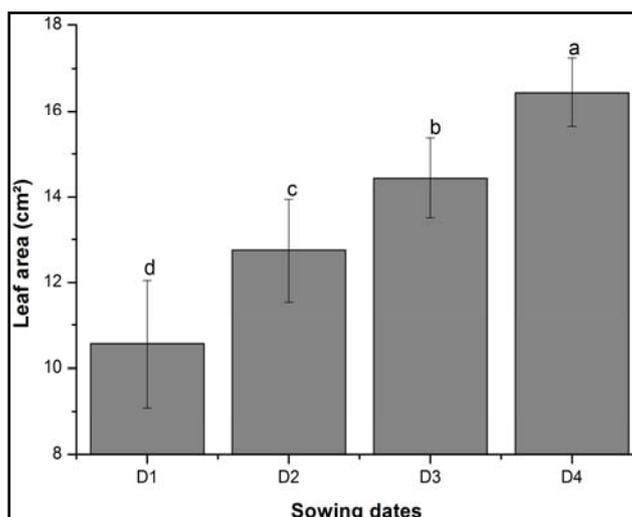


Figure 3. Effect of sowing time on leaf area of *C. olitorius*

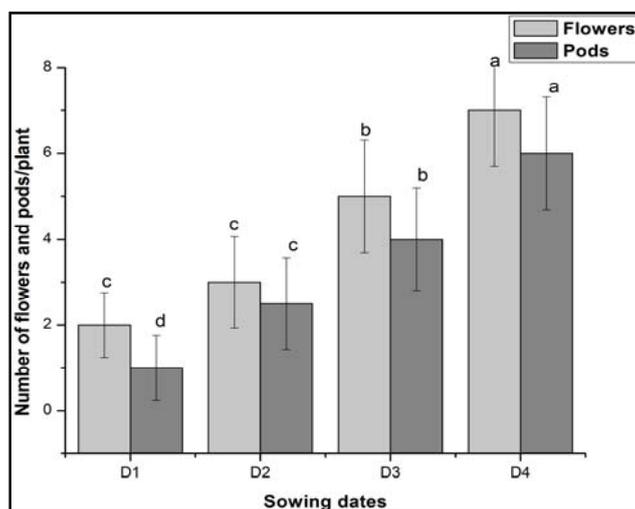


Figure 4. Effect of sowing time on flowering and fructification of *C. olitorius*.

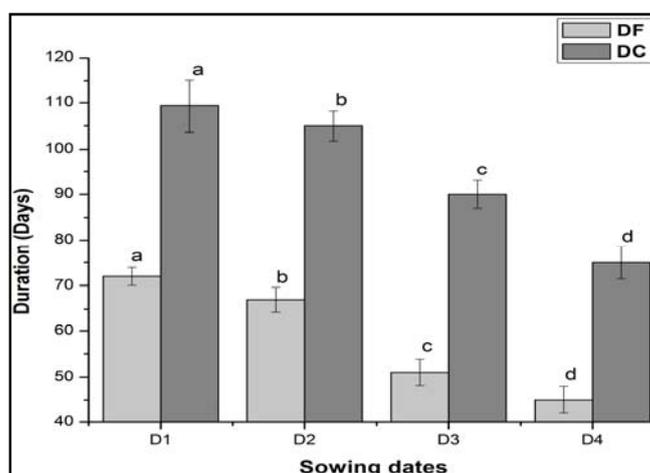
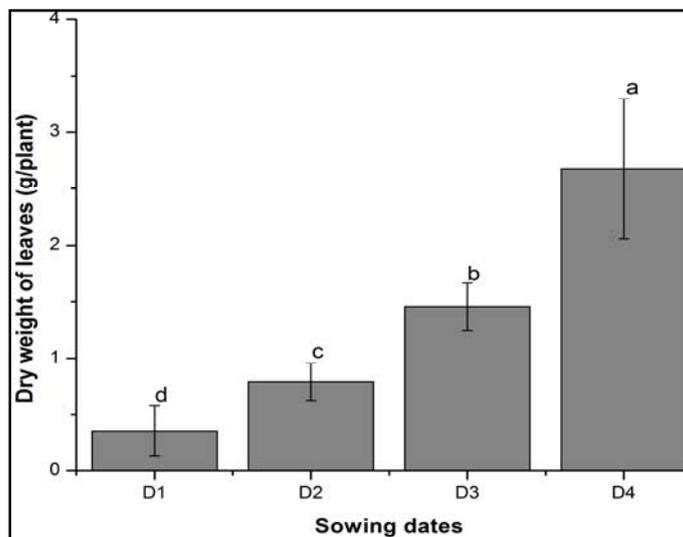


Figure 5. Effect of sowing time on the duration of growing cycle. Different letters above bars are significantly different at the  $P = 0.05$  level the time of sowing regime (mean  $\pm$  95% confidence limits)

**Table1.**Effect of sowing time on fresh yield of *C. olitorius*

Sowing dates	LFW	SFW	PFW	RFW
<b>D1</b>	1,64 ± 0,68 <sup>d</sup>	1,07 ± 0,34 <sup>0</sup> 0,43±0,31 <sup>0</sup> 0,80±		0,26 <sup>d</sup>
<b>D2</b>	3,38 ± 0,94 <sup>2</sup> 2,52±0,70 <sup>1</sup> 1,21±0,39 <sup>°</sup> 1,63±0,43 <sup>°</sup>			
<b>D3</b>	13,8 ± 0,34 <sup>b</sup> 3,20±0,64 <sup>b</sup> 2,94±0,87 <sup>b</sup> 2,20±0,12 <sup>b</sup>			
<b>D4</b>	15,20 ± 0,53 <sup>a</sup> 4,6±0,37 <sup>a</sup>		5,44 ± 0,93 <sup>2</sup> 2,79±0,25 <sup>a</sup>	

LFW: leaves fresh weight, SFW: stem fresh weight, PFW: pods fresh weight, RFW: root fresh weight.  
 \*Superscript letters with different letters in the same column of cultivar, indicate significant difference (P <0.05) analyzed by Duncan's multiple range test.



**Figure 6.** Effect of sowing time on dry yield of *C. olitorius*. Different letters above bars are significantly different at the  $P = 0.05$  level for the time of sowing (mean ± 95% confidence limits).

#### 4. DISCUSSION

The analysis of variance (ANOVA) showed that planting date has a significant effect on the threshold of 5% on the growth parameters, the length of the development cycle as well as the performance of jute mallow. Height growth showed a great variability depending on the planting date. We note that the height growth becomes increasingly important when the closer we get to summer (Figure 1). Indeed, tossa jute grows better and has longer stem if it is planted from late April I - early May (D3 and D4). Sowing in the end of April generates a significant growth but the plants occupy the soil for a longer period up to 90 days. For the first two dates, there is formation of small plants during installation time could exceed 100 days (Figure 5). So, early seeding requires a longer cycle to mature and this negatively affects the development of plants that are more susceptible to adverse weather conditions and risk of attack by pests and diseases as well as depletion of ground. These results are in agreement with those obtained during the survey in the oasis Chenini and shows that most farmers start sowing from May to improved production and shortened the development cycle (Ben yakoub, 2011). In this regard, Vincent and Yamaguchi (1997) reported that Jew's mallow grows well at high temperature (25 - 35 °C), so sowing on mid of May was the most suitable date. The temperature tended to increase after that, which accelerate and hence plant growth and increase yield.

In our conditions, sowing date affected the number and leaves growth. Indeed, the delayed sowing (from May), allows improving the performance point of view quantity (maximum leaf production) and quality (getting larger sheets) (Figure 2,3). These results are in disagreement to results reported by Valantin - Morison *et al.* (2008) in which it was shown that the advancement of sowing date allows rapid high leaf area installation.

Our results show that the number of flowers and fruits produced per plant increased from the date D1 to D4 date (Figure 4). This can be explained by the effect of abiotic factors affecting flowering and therefore fruiting. Thus, photoperiod and temperature are the dominant factors controlling flowering

mallow (Johansen et al., 1985;Nwoke, 1979). In the same context (Hossain et al., 1999; Rayhan et al., 2008; Vincent and Yamaguchi, 1997) showed that plant Conventionally *C. oltorius* is more sensitive to photoperiod. Evidence also indicates that jute plants flowers early when it is planted to short days less than its critical period and never induces flowers with the day length of above 14 hrs. Means performance of number of pods/ plant was the highest significant values by sowing on mid of June, therefore, seed yield/ plant was the highest significant mean value (Abd Allah et al., 2010). Hossain et al. (1999) stated that higher plant stature and higher number of branches/ plant provide enough pod bearing sites, which consequently increased pod settings ultimately to eventuate increased seed yield.

The choice of planting date is an important optimization tool and production potential while avoiding certain environmental constraints. This study show that sowing date favored for the cultivation of Mallow was mid-May (Table1) and coincides with the period of the natural germination of this plant (begins in late spring). Planting during this time allows the development and explains the superiority of production (Abd Allah et al, 2010;Nkomo et al., 2009;Sukprakarn et al., 2006). In the same context, we noted that fibre yield of tossa jute in Bangladesh differed significantly due to date of sowing. The highest fibre and stick yields were recorded at 14 March sowing(Ahmed et al., 2010). These results may be due to the favorable environmental conditions such as temperature and relative humidity, where the soil texture in both of districts are clay loamy, that met the well growth of tossa jute (Abd-Allah and Nasr, 2005;Abd Allah et al., 2010). These results are consistent with the work of Valantin - Morison et al. (2008) which showed that plant biomass of plants is affected by the change in planting date. Thus, the progress of seedlings can increase the biomass of rapeseed.

The means performance of dry leaves yield and illustrated that the best results were obtained by sowing on mid-May (Figure 6). In the same context Walsh et al. (2011), showed that the dry weight of plants sown in June is significantly larger than those planted in May, July or August, while those planted in September were lower than all other dry mass. These results are consistent with those reported by Tremblay et al. (1997) in cereals, Mzibra et al. (2008) in the beet, showing that the choice of planting date is an important tool to optimize the production potential.

## 5. CONCLUSION

Sowing was done on three different dates, i.e., a) mid of April, b) mid of May, and c) mid of June. This work was designed to study plant response to different sowing times to detect the proper one that achieve maximum yield of fresh and dry foliage and seed of tossa jute. Results showed that among the different times of sowing, 15 May and different best in respect of growth and yield contributing characters. On the basis of these data we can say that the Jew's mallow is a seasonal plant. It is a summer crop that reaches its full growth and maximum production when it is sown from mi-May. It can be grown hastily but this causes an increase in the cycle time (over 100 days) and a drop in production because the plants will be more susceptible to adverse spring weather conditions for its development. So, the present study clearly indicates that 15 May sowing will be applied for increased yield of this summer leafy vegetables.

## REFERENCES

- Abd- Allah S A M. and M A Nasr (2005). Effect of Sowing Date and Preservation Methods on some Egyptian Moloukhyia Genotypes (*Corchorus oltorius*, L.). *Minufiya J. Agric. Res.* **31**, 981-995.
- Abd-Allah S A M, Hegazi A Z and M H Tolba. (2010). Effect of Different plant locations and sowing dates on some Jew's mallow ecotypes (*Corchorus oltorius* L.). *Nature and Science*, **8**, 270-283.
- Ahmed I, Hossain M S, Islam M M, Alam M A T M. and M J Alam. (2010). Effect of sowing dates on yield and yield attributes of Tossa (O-795) in different locations of Bangladesh. *J. Expt. Biosci*, **1**, 37- 40.
- BJRI (Bangladesh Jute Research Institute). (1998). Jute and Jute Fabrics, Bangladesh Newsletter of BJRI. **19**, 1-5.

- Ben yakoub AR. (2011). Comportement morpho-physiologique de la corète (*Corchorus olitorius*) sous l'effet de la date de semis et du déficit hydrique. . Mastère en écophysiologie végétale. Faculté des sciences de Tunis.103p.
- Fondio L and Grubben GJ H. (2004). *Corchorus olitorius* L. In: Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editeurs). PROTA 2: Vegetables/Légumes. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen. 217-221.
- Hossain MA, Alam AT M M, Ahamed S and A L Khandaker. (1999). Effect of planting time of jute variety O-9897 on seed production. *Bangladesh J. Seed Sic. Tech*, 3, 43-47.
- Johansen C, Waseque M, and S Begum. (1985). Effect and interaction of photoperiod, water stress and nitrogen on flowering and growth in jute. *Field Crop Res.* 12, 397-406.
- Kak A, Pandey C, Gupta V, Bhardwaj M and K Dashora. (2009). Effect of sulphuric acid pretreatment on breaking hard seed dormancy in diverse accessions of four wild *Corchorus* species. *Seed Science and Technology*; 37, 568-572.
- Li TD. (1964). A discussion on the cause and prevention of early flowering of jute. *Field Crop Abst*, 17, 56.
- Musa A, Ezenwa M I S, Oladiran J A, Akanya H O and E O Ogbadoyi. (2010). Effect of soil nitrogen levels on some micronutrients, antinutrients and toxic substances in *Corchorus olitorius* grown in Minna, Nigeria, 5, 3075-3081.
- Mzibra A, Zehauf M and A Douira. (2008). Effet du cycle de la culture sur le rendement qualitatif et quantitatif de la betterave sucrière dans la région du Gharb (Maroc) *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*,12,139-146.
- Nkomo M and L Kambizi. (2009). Effects of pre-chilling and temperature on seed germination of *Corchorus olitorius* L. (Tiliaceae) (Jew's Mallow), a wild leafy vegetable. *African Journal of Biotechnology*, 8,1078-1081.
- Nwoke, F I O (1979). Effects of Number of Photoperiodic Cycles on Induction and Development of Flowers and Fruits in *Corchorus olitorius* L. (var. oniyaya Epen.). *Oxford JournalsLife SciencesAnnals of Botany*, 45,569-576.
- Rahman M M, Rahman M L, Azad A K, Rahman M, and Hussain M M (2003). Impact of component technologies in jute production. *Bangladesh J. Jute Fib. Res*,24,21-26.
- Rashwan A. M.A. (2011). Effect of sowing dates and plant spacing on growth and yield of some Jew's mallow ecotypes (*corchorus olitorius* L.) under South Valley condition. *Assiut J. of Agric. Sci.*, 42(2): 391- 413.
- Rayhan S M, Aatur Rahman MD, and M H A Amin (2008). Effect of planting time and magnesium on the growth and yield of jute seed. *Bangladesh res. Pub. Jour*, 1, 303 - 311.
- Sukprakarn S, Juntakool S, Huang R and T Kalb. (2006). Comment produire et conserver ses propres semences – Un guide pour les producteurs. Publication AVRDC no. 06-686 AVRDC-The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan. iv + 22 pp.
- Tremblay, G, agronome, M., Cerom. Sc., Saint- Bruno- de- Montarville. (1997). Effet du semis tardif chez le Soya. *Grandes cultures*, 97,29-30.
- Tindal H D (1993). *Vegetables in the Tropics*. *The Macmillan Press*. Basingstoke, UK: 392-397.
- Valantin-Morison M, Guichard L and MH Jeuffroy. (2008). Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ? *Innovations Agronomiques* 3, 27-41.
- Velempini P, Riddoch I and N Batisani. (2003). Seed treatments for enhancing germination of wild okra (*Corchorus olitorius*). *Experimental Agriculture*, 9, 441-447.
- Vincent E R and M Yamaguchi. (1997). *World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values*. 2ed., Department of Vegetables Crops. Uni. of California, Davis pp. 843- 849.
- Wahba RM, Mansour S M and E A Hassan. (2003). Vegetative yield and its components in Jew's mallow (*Corchorus olitorius* L.) as affected by sowing date. *J. Adv. Agric. Res*, 8, 69-76.
- Walsh D, Allaire J and D Lord. (2011). Survie et croissance de mini-plants d'épinette noire reboisés en forêt boréale: Bilan de 10 ans en plantation Consortium de recherche sur la Forêt Boréale Commerciale pp19.

## Valorisation des déchets du marché hebdomadaire de Médenine par le processus de lombricompostage

Ayadi Ahlem<sup>1</sup>, Mechlouch Ridha Fethi<sup>1</sup>, Ettabib Sonia<sup>1</sup> et Moussa Mouhamed<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Supérieur de Biologie Appliquée de Médenine, Université de Gabès. Route el Jorf, El Fja 4119, Médenine, Tunisia.

<sup>2</sup>Laboratoire d'Érémologie, Institut des Régions arides Route el Jorf, El Fja 4119, Médenine, Tunisia.

### RESUME

Notre étude avait comme objectif principal de proposer une issue aux problèmes des déchets municipaux et ménagers du gouvernorat de Médenine par leur valorisation en lombricomposte. Pour se faire, nous avons choisi l'espèce de ver de terre *Eisenia andrei* pour mener cette expérience. Au cours de ce travail plusieurs paramètres ont été mesurés à savoir pH, humidité relative, teneur en carbone organique total (COT), teneur en azote total et rapport Carbone/Azote (C/N). Un test de germination et de croissance sur des graines de pois-chiches a été également mené afin de confirmer la qualité du lombricomposte. Notre étude nous a permis d'abord de confirmer la grande capacité de l'espèce épigée étudiée *Eisenia andrei* quant à la minéralisation des déchets du marché hebdomadaire de médenine. D'autre part, les paramètres physico-chimiques mesurés ainsi que les tests de germination et de croissance réalisés démontrent une excellente qualité du lombricomposte obtenu. Le lombricompostage des déchets du marché hebdomadaire de Médenine s'avère la meilleure démarche naturelle et écologique qui permet à la fois de valoriser les déchets et d'obtenir un amendement naturel de haute qualité qui permettra de fertiliser nos sols en zones arides et les perspectives d'une productivité agricole meilleure.

**Mots clés:** Déchets organiques, *Eisenia andrei*, lombricompostage, marché hebdomadaire, Médenine.

### SUMMARY

The main objective of this work was to find a solution to the problem of municipal and household waste in Medenine by their transformation on vermicompost. To conduct this study, we have chosen a well-known earthworm: *Eisenia andrei*. Several parameters were measured namely pH, relative humidity, total organic carbon (TOC), total nitrogen content and carbon/nitrogen ratio (C / N). A germination and growth test of seeds chickpeas was also conducted to confirm the quality of the obtained vermicompost. Our study allowed firstly to confirm the capacity of *Eisenia andrei* on the mineralization of the Medenine weekly market waste. On the other hand, the physico-chemical parameters measured and the germination and growth tests performed showed the high quality of the vermicompost obtained.

Vermicomposting of the Medenine weekly market waste proves the best natural and ecological approach allowing both recovering the waste and getting a high quality natural fertilizer which can fertilize our soils in arid zones and prospects an improved agricultural productivity.

**Key words:** organic waste, *Eisenia andrei*, vermicomposting, weekly market, Medenine

### 1. INTRODUCTION

La fertilité du sol dépend principalement de la quantité et de la qualité des matières organiques transformées par les organismes décomposeurs. L'efficacité de ces derniers peut être caractérisée par le taux de transformation de la matière organique, dépendant des facteurs du milieu tels que la température, l'humidité et des caractéristiques de la matière à décomposer (Darwin, 1881). Les populations d'invertébrés, comme les vers de terre jouent un rôle primordial dans la transformation des matières organiques (Lavelle et al, 1994). En effet, les lombrics interviennent dans la dynamique de la matière organique dans le sol ; ils transforment la matière organique instable souvent d'origine végétale, en une substance organique stable appelée « humus » (Mitchell, 1997). Les vers de terre participent également à la libération d'éléments minéraux disponibles dès lors pour les plantes cultivées (Parmelee et al, 1998). Si la gestion des populations des vers de terre peut être considérée comme une méthode culturale efficace pour pallier le manque de fertilité des sols, la mise en œuvre du lombricompostage permet de combiner plusieurs avantages. En plus de la transformation de matières organiques très diverses, le lombricompostage engendre la production de deux types de produits

valorisables : la biomasse en vers de terre et le lombricomposte. Le premier produit peut être utilisé pour l'alimentation de certains animaux d'élevage, le second fournit un amendement homogène et efficace permettant d'accroître la fertilité des sols en utilisant les matières organiques disponibles. De plus, le lombricomposte présente des niveaux de contamination en microorganismes pathogènes bien plus faible que le composte conventionnel (Ndegwa et Thompson, 2001). Dans ce contexte, notons qu'en Tunisie 2,2 millions de tonnes de déchets ménagers sont générés par an dont 68% sont constitués de déchets organiques. Ces déchets au lieu d'être incinérés ou stockés, peuvent donc être valorisés en utilisant les meilleurs amis de l'homme, les vers de terre ou lombrics.

L'objectif visé par ce travail étant de faire recours à la faune sauvage la plus abondante dans la nature pour valoriser les déchets pour la production d'un produit de grande utilité pour l'agriculture: la lombricompostage. Dans ce travail nous nous sommes proposés de valoriser les déchets organiques générés par le marché hebdomadaire de Médenine.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Déchets utilisés

#### 2.1.1. Les déchets verts

Dans ce travail, nous avons utilisé comme déchets verts des légumes et les fruits non acides fanés abandonnés par les marchands et les primeurs à la fin du marché. Ces déchets constitueront les sources d'azotes de potassium et d'oligo-éléments.

#### 2.1.2. Les déchets carbonés

Afin d'ajouter une source de carbone au lombricomposteur, nous avons additionné des déchets de plateaux d'alvéoles d'œufs également abandonnés par les marchands.

#### 2.1.3. Les décomposeurs

Dans ce travail, nous avons utilisé comme décomposeurs l'espèce *Eisenia andrei* (Annelides, Oligochètes, lombricidés). Cette espèce est caractérisée par sa coloration rouge vineux uniforme et par une longueur moyenne de 10 cm (Figure 1). Elle a la réputation d'être un excellent digesteur de la matière organique. *Eisenia andrei* vit en milieu aéré, on les trouve dans les tas de compost ou de fumier.



Figure 1. *Eisenia andrei* adulte

## 2.2. Procédé de lombricompostage

Le processus de lombricompostage a duré 10 semaines, les déchets ont été coupés et placés dans les lombricomposteurs, une semaine plus tard, les vers ont été introduits.

### 2.2.1. Le lombricomposteur

Nous avons utilisé comme lombricomposteurs, des bacs en polystyrène de 40 cm de longueur, 26 cm de largeur et de 8 cm de profondeur. Dans chacune, 7,8624 kg de déchets ont été placés et une semaine plus tard, 0,1664 Kg d'*Eisenia andrei* ont été introduits. Ces quantités ont été calculés selon les rapports optimaux proposés par Ndegwa et Thompson (1999) à savoir : 0,75kg nourriture/ 1kg vers / jour et 1,6kg vers /m<sup>2</sup>.

### 2.3. Paramètres déterminés

Lors de notre essai de valorisation des déchets, nous avons mesuré différents paramètres physico-chimiques. En effet, au cours du processus de lombricompostage, nous avons suivi chaque deux semaines le pH, le taux d'humidité lombricompost, l'évolution du pourcentage du carbone organique total (COT) et de l'azote. Nous avons également testé la qualité du lombricompost obtenu en réalisant des tests de germination et de croissance

La méthode d'échantillonnage du lombricompost a été réalisé selon la norme française (NF U 44-101) : on effectue un retournement du lombricompost afin d'assurer l'homogénéisation de l'andain. On prélève ensuite 5 échantillons représentatifs de la matière primaire à la phase brute ensuite chaque deux semaines jusqu'à la fin du processus c'est-à-dire lors de la phase de maturation.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### - Le pH

La figure 2 montre l'évolution du pH au sein du lombricomposteur au cours des 9 semaines d'expérimentation. L'allure des deux courbes montre que le pH du lombricompost décroît légèrement au cours du temps tout en gardant sa neutralité. A l'état initial le pH est égal à 7,6 ; c'est le pH du mélange nutritionnel attribué aux lombrics. Il diminue ensuite pour atteindre une valeur de 7 à la fin du processus. En effet, *Eisenia andrei* est une espèce neutrophile, elle préfère un pH compris entre 6 et 7, mais peut supporter des pH allant de 4 à 9 (Fayolle, 1982). Ce résultat témoigne du bon déroulement du processus de lombricompostage.

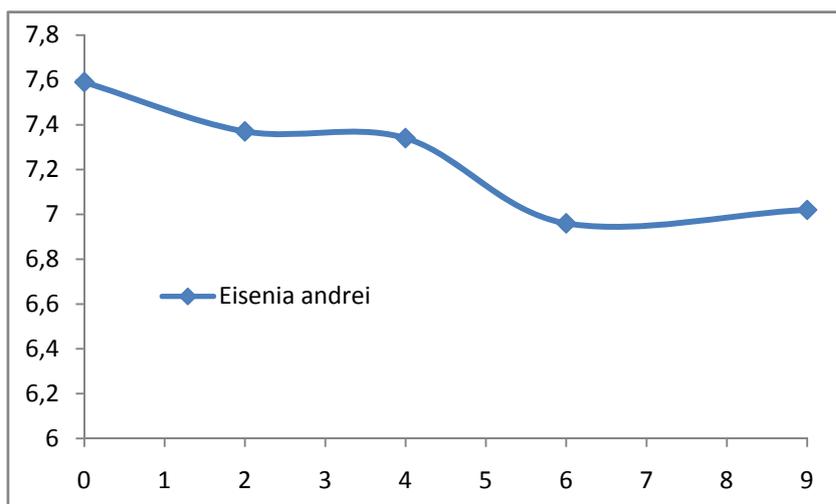


Figure 2. Evolution du pH au cours du processus de lombricompostage

### - L'humidité relative

L'allure de la courbe représentant l'humidité relative du lombricompost montre une augmentation de l'humidité au cours du processus (Figure 3). L'humidité de départ étant de 55%, elle augmente pour atteindre 77,77% à la fin du processus. En effet, Une teneur en eau trop faible limite la dégradation, et dans le cas d'une humidité trop élevée, l'eau saturé les espaces d'air et étouffe les micro-organismes dans le tas du mélange à composter. Le taux d'humidité idéal pour les vers de terre *Eisenia fetida* se situe entre 70% et 85%. d'après dominguez et edward (1997).

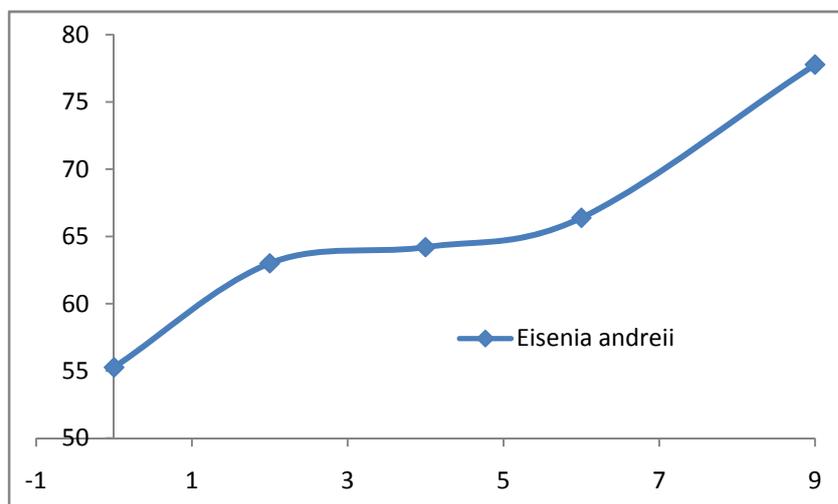


Figure 3. Evolution de l'humidité relative au cours du processus de lombricompostage

### - Teneur en Carbone Organique Total : COT(%) :

La Figure 4 montre l'évolution du taux du carbone organique total dans le lombricomposte au cours du temps. Cette teneur diminue de 35,17% pour atteindre 14,27 à la fin du processus. Nos résultats confirment les travaux de Bouche *et collaborateurs*, (1979) qui affirment que le taux de carbone diminue en général lors du lombricompostage. Cette diminution du taux de COT par une perte de essentiellement par échanges gazeux ( $CO_2$ ) durant le lombricompostage.

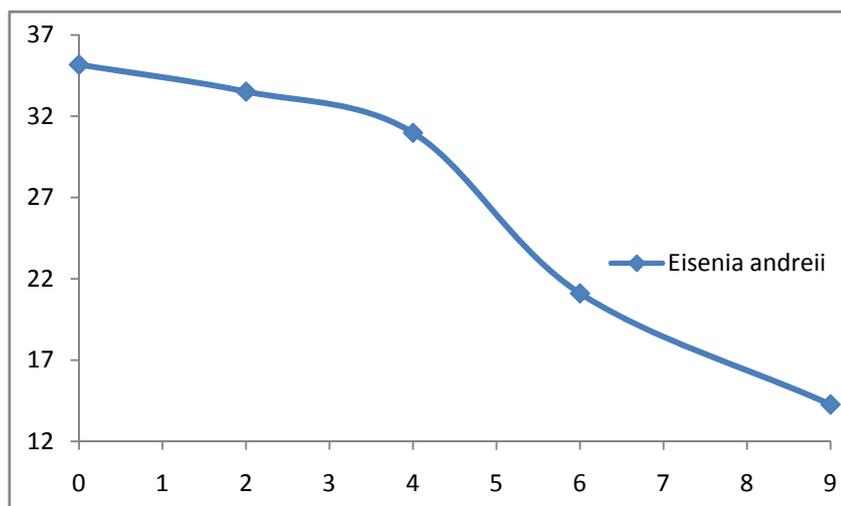


Figure 4. Evolution de la teneur en carbone organique total (COT) au cours du processus de lombricompostage

### - Teneur en Azote Total

La figure 5 nous donne l'évolution du taux d'azote (%) au sein du lombricomposte au cours du temps. Ainsi, nous remarquons que le taux d'azote tend à augmenter et va vers une stabilisation. Pour Alexander [2] et d'autres auteurs, le taux d'azote d'un substrat organique augmente lors du

lombricompostage. Effectivement, celui-ci est fixé depuis l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) par les micro-organismes indigènes dans le substrat.

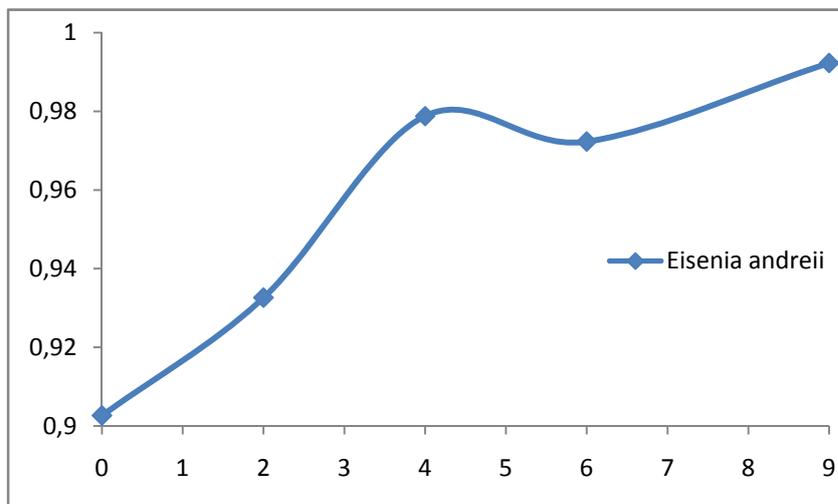


Figure 5. Evolution de la teneur en carbone organique total (COT) au cours du processus de lombricompostage

#### - Rapport C/N

La figure 5 donne l'évolution du rapport C/N au cours du processus de lombricompostage. Nous pouvons constater une baisse du rapport C/N au cours du temps.

Le rapport C/N est un indicateur essentiel du déroulement du processus de lombricompostage. Selon Gheisari et *al.* (2010): Le rapport C/N est un des indices les plus importants utilisés pour l'évaluation de : (a) la qualité du substrat utilisé comme nourriture pour des vers de terre et (b) indice de maturité lors du processus de lombricompostage.

D'après Mustin (1987), l'optimum pour un C/N de départ se situe entre 30 et 35 alors que selon Godden (1995) l'optimum se situe entre 20 et 30 bien que des valeurs entre 20 et 40 soient aussi acceptables. Au cours du compostage, ce rapport diminue à cause de l'activité microbienne jusqu'à un optimum de 8 à 15.

Au cours de notre essai, le rapport C/N du substrat E a considérablement diminué au cours du processus, ainsi en 9 semaines de minéralisation, le C/N est de 14,38.

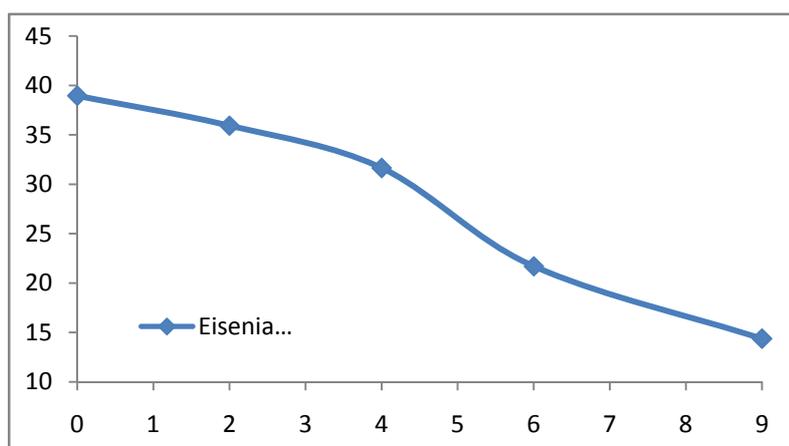


Figure 5 : Evolution du rapport C/N au cours du processus de lombricompostage

#### - Test de germination et de croissance

Afin d'évaluer la qualité du lombricompost obtenu, un test préliminaire de germination et de croissance a été mené sur des graines de pois-chiche. Nos résultats montrent un pourcentage de germination égal à 80% en présence de 10% de lombricompost dans les pots contre 70% dans les pots témoins ne contenant aucun lombricompost.

Quant au test de croissance, la mesure de la longueur des tiges des pois-chiches plantés dans les pots contenant 10% de lombricompost était égale à  $9,68 \pm 2,12$  cm contre  $5,42 \pm 1,39$  cm pour les tiges des pois-chiches plantées dans les pots témoin.

#### 4. CONCLUSION

Dans notre étude, nous avons essayé de valoriser les déchets générés par le marché hebdomadaire de Médenine, posant de grands problèmes écologiques, économiques et sanitaires, en les transformant en un bio-engrais de haute qualité, par le processus naturel de lombricompostage et ce, en utilisant une espèce de ver de terre : *Eisenia andrei*.

Les résultats des analyses physico-chimiques du pH, de l'humidité relative, de la teneur en carbone organique total (COT), de la teneur en azote total et du rapport Carbone/Azote (C/N) ainsi que des tests de germination et de croissance ont montré que le composte obtenu est d'une grande valeur méritant son appellation d'« or noir ».

Le lombricompostage des déchets du marché hebdomadaire de Médenine s'avère la meilleure démarche naturelle et écologique qui permet à la fois de valoriser les déchets et d'obtenir un amendement naturel de haute qualité qui permettra de fertiliser nos sols en zones arides et les perspectives d'une productivité agricole meilleure.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bouché MB. (1979). Lombriciens de France, Ecologie et Systématique. Ann. Zool. Ecol. Anim. INRA., Publication, 679 p.
- Darwin CR. (1881). *The formation of vegetable mould, through the action of worms with observation of their habits*. London, John Murray, 298p.
- Dominguez J, Edwards CA. (1997). Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia Andrei* (Oligochaeta) in pig manure. *Soil Biol. Biochem*, **29**(3/4), 743-746.
- Fayolle L. (1982). Etude de l'évolution du système déchets-lombriciens-micro-organismes. Perspectives Appliquées, Thèse de Doctorat. Université Claude Bernard, Lyon I. 130 p.
- Gheisari S, Danesh S, Mahmoud SM. (2010). Growth and Reproduction of *Eisenia fetida* in Vermicomposting of Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. *Asian J Chem* **22**(2), 1266-1274.
- Godden B. (1995). La gestion des effluents d'élevage, technique et aspect du compostage dans une ferme biologique. *Rev écol*, **13**,37.
- Lavelle P, Dangerfield M., Fragoso C., Eschenbrenner V., Lopez Hernandez D, Pashanazi B. (1994). The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In : Swift M.J. Wooster P. editor. *The biological management of tropical soil*, New York, John Wiley Sayc, pp. 137-169
- Mitchell A. (1997). Production of *Eisenia foetida* and vermicompost from feed-lot cattle manure: *Sol. Biol. Biochem*, **29**,763-766.
- Mustin M. (1987). *Le compost: gestion de la matière organique*. François Dubusc, Paris. 954p.
- Ndegwa PM, Thompson SA. 1999. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. *Bioresour Technol*, **75**, 7-12.
- Ndegwa PM, Thompson SA . (2001). Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresour Technol*, **76**, 107-112.
- Parmelee RW, Bohlen PJ, Blair JM. (1998). Earthworms and nutrient cycling processes: intergrating across the ecological hierarchy. In: Satchel I.E. editor. *Earthworm ecology, from Darwin to vermiculture*. London, Chapman and Hall, pp. 123-143.

## Modification des paramètres phénologiques de la luzerne *Medicago sativa* sous stress hydrique

Mabrouka Abid\*, Elhem Mansour, khoulood Bachar, Ali Ferchichi  
Institut des Régions Arides, 4119 Médenine, Tunisie  
\*Email: [abid.mabrouka@yahoo.fr](mailto:abid.mabrouka@yahoo.fr),

### RESUME

La salinité des terres constitue avec le manque d'eau les principales contraintes responsables de la perte du rendement des cultures et la détérioration du couvert végétal. La contrainte hydrique induit une perturbation des nombreux processus morphologiques, phénologiques, physiologiques et métaboliques. Le développement d'une végétation naturellement résistante à l'aridité et à la salinité est une approche prometteuse pour la réhabilitation et la valorisation de ces milieux dégradés. Différentes stratégies ont été développées pour obtenir des plantes à haute performance sous stress hydrique. Dans ce cadre, Ce travail s'est intéressé à l'évaluation des réponses phénologiques lors du stade floraison à différents niveaux du stress hydrique de la luzerne *Medicago sativa*, légumineuse fourragère fortement adaptée aux conditions oasiennes.

Les résultats ont montré que la production en matière fraîche est variable entre les différents traitements appliqués ainsi les plantes sous 100 % de la capacité au champ ont produit une matière fraîche aérienne de l'ordre de 80 g en moyenne, ce poids est élevé par rapport à la production des plantes soumises au stress hydrique de 25 % de la capacité au champ (de l'ordre de 25g en moyenne). La progression du déficit hydrique a entraîné une réduction de nombre d'inflorescences formées ce qui a induit une diminution du nombre de gousses ainsi que de la quantité des semences produites. Le poids des semences enregistré pour le niveau de stress le plus élevé est de l'ordre de 2g tandis que le poids des semences enregistré pour les plantes témoin est de 30 g.

**Mots clés :** *Medicago sativa*, stress hydrique, production, population, matière fraîche, semences

### SUMMARY

Salinity and water stress has become among the most limiting factor of productivity and plant development. To survive under these conditions, several plants have developed many strategies participating in the protection of plant functions. Drought induced a disruption of many physiological and metabolic processes. The development of crop plants tolerant to various environmental stresses is a burgeoning field of stress biology and it is considered to be the most challenging. Various strategies have been developed to obtain high performance plants under water stress. Among them the approach based towards a better understanding of the physiology and the biochemistry of plant tolerance to these conditions. In this context, this work was interested in the evaluation of the phenological responses at various drought levels in alfalfa *Medicago sativa*, adapted legume to oasis conditions.

Results showed that the production of fresh matter is variable between various treatments applied, thus plants subjected to 100 % of field capacity produced about 80 g of fresh matter in average, which is high compared to the production of the plants subjected to 25 % of field capacity (about 25g in average). The progression of drought induces a reduction of the number of inflorescences which induced a reduction in the number of cloves as well as the quantity of the produced seeds. The weight of the seeds recorded for the level of the highest stress is about 2g while the weight of the seeds recorded for the plants witness is 30 g.

**Key words:** *Medicago sativa*, drought, production, population, fresh matter, seeds.

### 1. INTRODUCTION

Le stress hydrique constitue le facteur environnemental principal qui contraint la productivité et la stabilité des plantes dans la zone méditerranéenne. Ainsi, avec l'augmentation de la fréquence des années sèches dans les régions arides et semi-arides, la pluviométrie est faible et souvent irrégulière, 40% des terres cultivées sont touchées chaque année par la sécheresse. La contrainte hydrique induit une perturbation des nombreux processus morphologiques, phénologiques, physiologiques et métaboliques tel que le changement du taux net de la photosynthèse (Flexas and

Medrano 2002), la matière sèche formée (Huang *et al.* 1997), la biosynthèse des protéines (Salekdeh *et al.* 2002) et l'accumulation des solutés (Hong *et al.* 2000).

L'acclimatation au déficit hydrique résulte d'une série des événements intégrés accrus à des niveaux morphologiques, physiologiques et biochimiques qui aident à la rétention ou l'acquisition de l'eau et à la protection des fonctions de la plante. Une meilleure compréhension des mécanismes physiologiques impliqués dans la résistance au stress hydrique est en relation étroite avec la recherche et la sélection et le développement d'une végétation naturellement résistante à l'aridité et à la salinité. Ce ci constitue une approche prometteuse pour la réhabilitation et la valorisation de milieux dégradés.

La luzerne pérenne (*Medicago sativa*) est l'une des principales cultures dans le Sud -Est tunisien essentiellement dans les oasis littorales. La dispersion de cette culture dans la Tunisie et dans le monde est due principalement à sa forte adaptation à différentes conditions climatiques et sa haute valeur nutritive. En addition, cette plante possède un système racinaire pivotant qui peut atteindre des niveaux du sol profonds pour l'aider à récupérer les pertes d'eau. En plus, selon (Mauriès, 1994), la luzerne est très riche en protéines, élément indispensable dans la nutrition du bétail comparées à d'autres cultures tel que le maïs et le soja. Cette capacité pour la croissance sous des divers climats indique que la luzerne peut développer différents mécanismes de résistance à une gamme étendue de contraintes, et particulièrement à la sécheresse.

C'est dans ce cadre que s'intègre cette étude qui vise à visualiser l'effet de deux niveaux du stress hydrique (25% et 100% de la capacité au champ) sur trois populations de luzerne (Population Tebelbou, population Gannouch et population Chenini, cultivées dans les oasis littorales du sud tunisien), principalement sur le rendement en matière fraîche aérienne, en gousses et en graines.

## 2. MATERIELS ET METHODES

Afin de réaliser cette étude, un semis a été réalisé au printemps, lors de la phase de floraison, dans des pots en plastique de 10L chacun. Chaque pot contient un mélange de 2/3 de sable et 1/3 de sol de l'oasis et fertilisé par du fumier oasisien. Le matériel végétal utilisé est constitué de trois populations de luzerne (Population Tebelbou(TEB), population Gannouch(GAN) et population Chenini(CHEN)) cultivées dans les oasis littorales du sud tunisien. Les plantes ont subi deux niveaux de stress hydrique 25 et 100% de la capacité au champ à raison de trois répétitions pour chaque traitement. L'essai a été mené dans la parcelle expérimentale de l'Institut des Régions Arides de Médenine sous serre en verre.

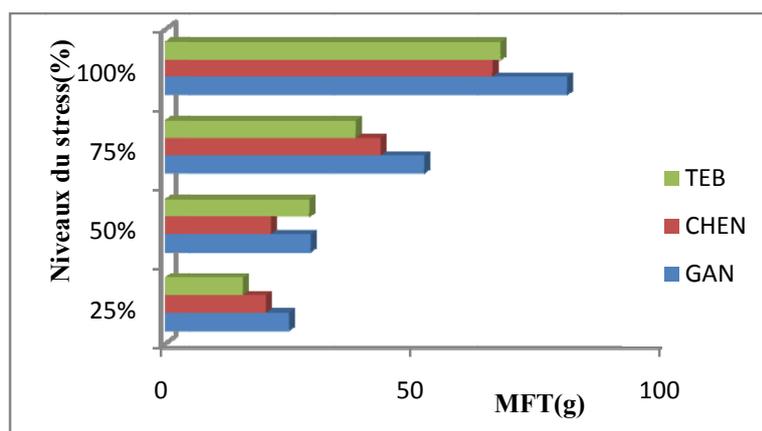
A la récolte, pour chaque population et pour chaque traitement, nous avons effectué les mesures suivantes:

- Le nombre total de gousses (**NTG**).
- Le nombre total d'inflorescences (**NTF**).
- Le poids total des graines en grammes (**PTG**).
- La production en matière fraîche aérienne totale en grammes (**MFT**).

Les résultats ont subi une analyse statistique par le logiciel SPSS 16.0. Une analyse de la variance est appliquée par le test LSD afin de comparer les différences entre les moyennes. Les résultats sont significatifs au seuil de 5%.

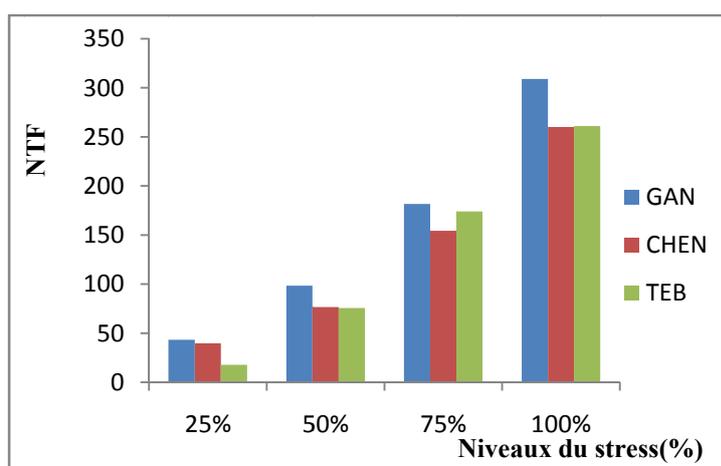
## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de variance appliquée aux résultats obtenus montre un effet hautement significatif du niveau du stress appliqué ( $p < 0.0001$ ). L'application du stress hydrique a entraîné une forte réduction de la matière fraîche totale produite lors de la campagne du printemps. Cette réduction est surtout observée lors des niveaux du stress les plus élevés (25% et 50% de la capacité au champ) (Fig.1) Les valeurs passent d'une production de l'ordre de 80g comme moyenne maximale sous le traitement 100% de la capacité au champ vers une valeur de l'ordre de 18g comme valeur minimale enregistrée sous traitement 25% de la capacité au champ.



**Figure 1.** Variation de la matière fraîche totale sous stress hydrique chez les trois populations de *Medicago sativa*.(GAN, CHEN et TEB)

Le nombre d'inflorescences et des gousses produites a été aussi influencé par le stress hydrique, cet effet est hautement significatif ( $p < 0.0001$ ) lors de l'application de niveaux du stress hydrique plus sévères. (25% 50% de la capacité au champ. Pour le nombre d'inflorescences, les valeurs enregistrées sous traitement 100% de la capacité au champ dépassent 300 inflorescences comme nombre total, cependant sous traitement 25% de la capacité au champ, les valeurs enregistrées sont inférieures à 20 inflorescences. La réduction du nombre d'inflorescences entraîne la réduction du nombre de gousses formées. Ainsi, la production en gousses pour les plantes sous traitement témoin est d'une valeur maximale de 22 gousses comparé au nombre enregistré par les plantes sous traitement 25% de la capacité au champ. (Fig. 2 et 3). Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus par Chebouti et Abdelguerfi (1996) qui indiquent que le nombre et le poids total des gousses produites par pot sont plus faibles pour les plantes de *Medicago truncatula* sous conditions de déficit hydrique par rapport aux plantes sous conditions témoin et ceci durant la phase végétative et la phase floraison. Dans le même contexte, Vidal *et al.* (1981a; 1981b), en étudiant l'influence de la sécheresse sur les composantes du rendement chez le soja, signalent que le nombre de gousses par plante est la composante la plus touchée.



**Figure 2.** Variation du nombre total d'inflorescences sous stress hydrique chez les trois populations de *Medicago sativa*.(GAN, CHEN et TEB).

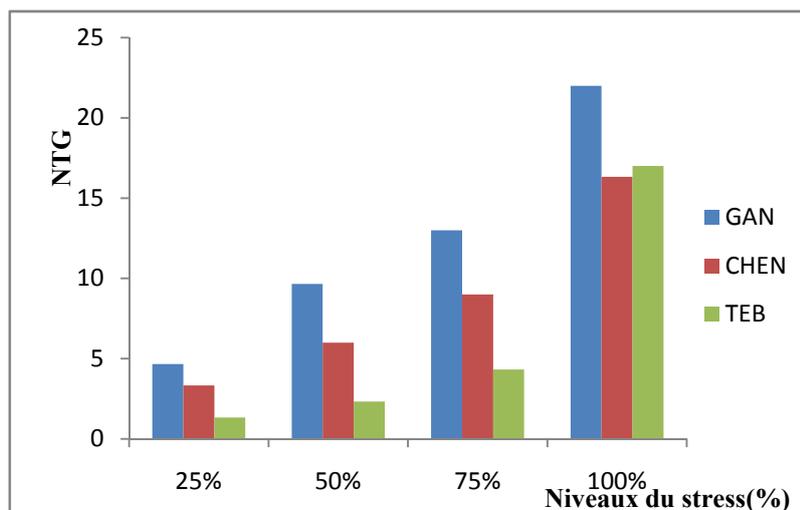


Figure 3. Variation du nombre total de gousses sous stress hydrique chez les trois populations de *Medicago sativa*.(GAN, CHEN et TEB).

L'effet du stress hydrique est hautement significatif sur le poids total des graines produites. Ce poids passe d'une valeur de 28g comme production maximale des plantes sous traitement 100% de la capacité au champ alors que cette production est de l'ordre de 3g pour les plantes sous traitement de 25% de la capacité au champ (Fig. 4). Le même résultat est obtenu chez des plantules de *Medicago truncatula*, pour les quelles, le poids total des graines par pot a été réduit de 39.5% pour les plantes stressées durant la phase végétative et de 56.8% pendant la phase floraison et ceci par rapport aux plantes non stressées (Chebouti et Abdelguerfi, 1996). Cette réduction a été justifiée par le fait que la contrainte hydrique sévère aurait touché les facteurs en rapport avec la formation des graines, telles que la photosynthèse et la translocation des assimilés.

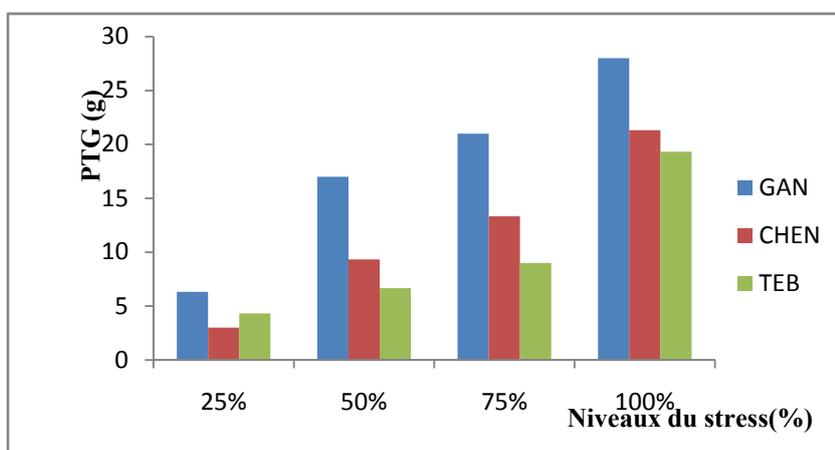


Figure 4. Variation du poids total de graines sous stress hydrique chez les trois populations de *Medicago sativa*.(GAN, CHEN et TEB).

Les résultats montrent des différences très hautement significatives entre les populations de pour l'ensemble des paramètres étudiés. Par ailleurs, la population Gannouch enregistre les valeurs les plus élevées pour tous les paramètres étudiés et même sous les niveaux du stress les plus sévères alors que la population Tebelbou enregistre les valeurs les plus basses sous les mêmes conditions.

#### 4. CONCLUSION

La salinité des terres constitue avec le manque d'eau les principales contraintes responsables de la perte du rendement des cultures et la détérioration du couvert végétal dans la zone méditerranéenne. Dans cette étude, le déficit hydrique a causé des réductions importantes des différents paramètres étudiés. Cependant, ces résultats constituent une première étape de l'étude de l'effet de cette contrainte sur le développement de la luzerne (*Medicago sativa*), plante qui joue un rôle important dans l'amélioration de la production fourragère de qualité supérieure et qui peut résister aux différentes conditions environnementales.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chebouti A et Abdelguerfi A. (1996). Effet du stress hydrique sur la production de gousses et de graines chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn. : Options Méditerranéennes, **31**, 45-50.
- Flexas J, Medrano H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plant- stomatal and non stomatal limitation revisited: Ann. Bot, **89**, 183-189.
- Hong Z, Lakkineni K, Zhang Z, Verma D.P.S. (2002). Removal of feedback inhibition of 1-pyrroline 5-carboxylate synthetase results in increased proline accumulation and protection of plants from osmotic stress: Plant Physiology, **122**.
- Huang B, Johnson JW, Nesmith DS, Bridges DC. (1997). Growth physiological and anatomical responses of two wheat cultivars to waterlogging and nutrient supply: J.Exp. Bot, **271**, 193-202,
- Mauriès M. (1994). La luzerne aujourd'hui. Edition, France agricole, 253 pp.
- Salekdeh GH, Siopongco J, Wade LJ, Ghareyazie B, Bennett J. (2002). Proteomic analysis of rice leaves during drought stress and recovery: Proteomics, **2**, 1131-1145.
- Vidal A, Arnaud D, Arnoux M. (1981a). La résistance à la sécheresse du soja. 1.- Influence du déficit hydrique sur la croissance et la production : Agronomie, **1**, 295-302.
- Vidal A, Arnaud D, Arnoux M. (1981b). La résistance à la sécheresse du soja. II.- Etude des réactions variétales à un déficit hydrique : Agronomie, **1**, 303-314.



## Evaluation of some date palm cultivars under Saudi Arabia condition: Chemical characteristics

Soliman.S.S1,2, R. S.Al-Obeed1., M.A. Ahmed1,2 and M.M. Harhash3

1Plant production Dept., College of food & Agic. Sciences, King Saud Univ.

2Department of Horticultural Crops Technology,National Research Centre,Cairo-,Dokki, Egypt

3Faculty of Agriculture,Saba Bacha, Alexandria Universty

Box 2460, Riyadh 11451, Saudi Arabia.

E-mail: said\_Soliman@hotmail.com.

### SUMMARY

This study aimed to evaluate chemical characteristics of Ajwa, Ruthana, Rabeaa and Anbara date palm cultivars grown at Research and Agriculture Experimental Station at Dirab, College of Food and Agricultural Sciences, King Saud University, Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia. The data reveal that, Anbara cultivar gave the highest total soluble solids, non-reducing sugars and total sugars and gave the lowest moisture content percentage (Baser and tamer stages) as compared with other cultivars study in both seasons. However, Rabeaa cultivar gave the highest total acidity percentage (Baser and tamer stages) than those other cultivars in two seasons. It could be concluded that Anbara cv. Better chemical characteristics under Riyadh conditions.

**Keywords:** Date palm, cultivars, evaluation, chemical characteristic

### 1. INTRODUCTION

Date palm is one of the important horticulture crops in Kingdom of Saudi Arabia. It ranks top among fruit trees as for as numbers (Approx 23 Million trees), area (155738 ha) and production (on 982546 tones) are concerned (Ministry of Agriculture, 2008). Considered the genus "Phoenix" is the most important genus of family "Palmaceae" It is considered horticulture crops that used as food for human's people through history life in arid, tropical and subtropical climatic zone in the world. Date palm fruits are important source of food, because they contain minerals, carbohydrate, organic, acid, total soluble solids, vitamins and high energy. Fruits of date palm can be storage and transported to long distances. In addition, Phoenix dactylifera L. is the important plants of the genus which overcome the hardest climate for growth.

In fact, date palm which is irreplaceable tree in irrigable desert lands provides protection on under-crop from heat, wind and even cold weather and plays a big role to stop desertification and to give life to desert areas.

Ajwa, Ruthana, Rabeaa and Anbara date palm cultivars of the most important soft dates in Saudi Arabia. Many researchers had studied the performance of date palm trees grown under different condition fruit chemical properties are differ between the studied clones and cultivates (Meligi et al., 1983; Soliman, 2002; El-Agamy et al., 2003; El-Mahdy and Badran, 2003; Rizk et al. 2003; Abou Rekab Zeinab, 2005; Dahiya et al., 2006; Soliman, 2006; Mohamed and Rachid, 2006b; Al-Ghamdi et al., 2007; Mrabet et al., 2008; Metwaly et al.,2009 and Ageli and Ismail, 2010. This study aimed to evaluation the chemical characteristics of fruits under Riyadh conditions.

### 2. MATERIALS AND METHODS

This study was conducted at the Research and Agriculture Experiment Station, Dirab, College of Food and Agricultural Sciences, King Saud University, Riyadh during two successive seasons, 2009 and 2010 on Ajwa, Ruthana, Rabeaa and Anbara date palm cultivars, grown on sandy soil.

The present investigation was carried out in two successive years, 2009 and 2010 at Research and Agriculture Experimental Station at Dirab, College of Food and Agricultural Sciences, King Saud University, Riyadh. Five 10-years-old date palms grown on sandy soil were selected. The experimental palms were healthy, uniform in growth, vigor and height. Pollination was achieved by using pollen grains from the same parent in both seasons. All cultural practices were carried out according to the normal schedule for experimental palms. Only 10 bunches were left on each experimental tree.

#### **- Chemical Fruit characteristics**

Fruit acidity was determined and the titrable acidity was calculated as citric acid (Mawlood, 1980), Total soluble solids: The percentage of TSS was determined in the fruit juice using zice refractometer, Total soluble sugars and reducing soluble sugars percentages were determined in juice according to the method of Lane and Eynon. Non-reducing sugars: It was determined by the difference between total and reducing sugars, Moisture content were determined. According to A.O.A.C. (1995).

#### **- Statistical analysis**

Experimental were arranged in a Complete Randomized Design "CRD". All collected data were subjected to statistical analysis according to the procedures reported by Snedecor and Cochran, (1980). Means were compared by the Least Significant Difference test (L.S.D.) at the 5% level of probability in the two seasons of experiment.

### **3. RESULTS AND DISCUSSION**

#### ***Fruit chemical characteristics***

##### ***Total soluble solids, reducing sugars, non-reducing sugars and total sugars (Beser stage)***

Concerning of date palm cultivars, data presented in Table 1 cleared that, average total soluble solids was ranged between 37.80 and 34.60 percent (Anbara cultivar) and 18.42 and 18.20 (Rabeaa cultivar) in both seasons, respectively. Whereas, reducing sugars was ranged from 17.95 percent (Anbara cultivar) to 11.14 percent (Rabeaa cultivar) in the first season and ranged from 17.63 percent (Ajwa cultivar) to 7.90 percent (Anbara cultivar) in the second season. Also, non-reducing sugars was ranged between 9.83 and 16.27 percent (Anbara cultivar) and 3.08 and 2.83 percent (Ruthana cultivar) in both seasons, respectively. In addition, total sugars were ranged between 27.78 and 24.17 percent (Anbara cultivar) in both seasons, respectively and 16.42 percent (Rabeaa cultivar) in the first season and 15.86 percent (Ruthana cultivar) in the second season. In this respect, Soliman (2002 & 2006), El-Mahdy and Badran (2003), Rizk et al. (2003), Abou Rekab (2005) and Mrabet et al. (2008).

##### ***Total acidity percent and moisture content percent (Beser stage)***

Data presented in Table 1 declared that, the average total acidity percent was ranged from 0.198 percent (Rabeaa cultivar) to 0.121 percent (Ajwa cultivar) in the first season and ranged from 0.61 percent (Anbara cultivar) to 0.41 percent (Ajwa cultivar) in the second season. Whereas, the average moisture content was ranged between 73.8 and 74.2 percent (Ruthana cultivar) and 48.9 and 54.0 percent (Anbara cultivar) in both seasons, respectively. These results are in line with Metwaly (1999), Soliman (2002 & 2006) and El-Mahdy and Badran (2003).

- Total soluble solids, reducing sugars, non-reducing sugars and total sugars (Tamer stage).

Data in Table 2 show that, total soluble solids was ranged from 77.2 percent (Rabeaa cultivar) to 66.4 percent (Ajwa cultivar) in the first season and ranged from 74.40 percent (Anbara cultivar) to 65.60 percent (Ruthana cultivar) in the second season. Whereas, reducing sugars was ranged between 39.83 and 36.10 percent (Rabeaa cultivar) and 35.38 and 33.83 (Anbara cultivar) in both seasons, respectively. Also, non-reducing sugars was ranged between 36.23 and 21.63 percent (Anbara cultivar) and 23.29 and 13.50 percent (Ruthana cultivar) in both seasons, respectively. In addition, In addition, total sugars were ranged between 71.61 and 55.46 percent (Anbara cultivar) and 60.58 and 47.73 percent (Ruthana cultivar) in both seasons, respectively. These results are in line with Soliman (2003 & 2006), El-Mahdy and Badran (2003), Rizk et al. (2003), Abou Rekab (2005), Mrabet et al. (2008) and Ageli and Ismail (2010).

- Total acidity percent and moisture content percent (Tamer stage).

Respecting to date palm cultivars, the average total acidity was ranged from 0.313 percent (Rabeaa cultivar) to 0.134 percent (Ruthana cultivar) in the first season and ranged from 1.84 percent (Ajwa cultivar) to 1.06 percent (Anbara cultivar) in the second season. Whereas, the average moisture content was ranged from 17.5 percent (Ruthana cultivar) to 11.3 (Ajwa and Anbara cultivars) in the first season and ranged from 19.67 percent (Rabeaa cultivar) to 14.30 percent (Ruthana cultivar) in the second season, Table 2. These results are in agreement with the findings of Metwaly (1999), Soliman (2002 and 2006), El-Mahdy and Badran (2003), Metwaly et al. (2009) and Al-Husseini et al. (2007).

**Table 1.** Fruit chemical characteristics of Ajwa, Ruthana, Rabeaa and Anbara date Palm cultivars (Beser stage) during 2009 and 2010 seasons.

Cultivars	TSS %	Reducing sugars %	Non-R. Sugars %	Total Sugars %	Acidity %	Moisture content %
2009						
Ajwa	34.40	14.12	6.95	21.07	0.121	65.1
Ruthana	23.20	15.39	3.08	18.47	0.121	73.8
Rabeaa	18.42	11.14	5.28	16.42	0.198	51.3
Anbara	37.80	17.95	9.83	27.78	0.154	48.9
LSD at 0.05%	2.23	0.45	1.03	0.72	0.013	4.33
2010						
Ajwa	27.53	17.63	4.67	22.30	0.141	65.9
Ruthana	18.20	13.03	2.83	15.86	0.142	74.2
Rabeaa	24.00	16.77	4.37	21.14	0.212	61.7
Anbara	34.60	7.90	16.27	24.17	0.164	54.0
LSD at 0.05%	3.63	0.97	3.32	3.05	0.11	4.80

**Table 2.** Fruit chemical characteristics of Ajwa, Ruthana, Rabeaa and Anbara date Palm cultivars (Tamur stage) during 2009 and 2010 seasons

Cultivars	TSS %	Reducing sugars %	Non-R. Sugars %	Total Sugars %	Acidity %	Moisture content %
2009						
Ajwa	66.4	36.08	26.06	62.14	0.205	11.3
Ruthana	68.4	37.29	23.29	60.58	0.134	17.5
Rabeaa	76.6	39.83	30.69	70.52	0.313	13.1
Anbara	77.2	35.38	36.23	71.61	0.266	11.2
LSD at 0.05%	1.11	1.22	2.07	2.13	0.015	0.67
2010						
Ajwa	72.40	36.23	16.80	53.43	0.187	15.73
Ruthana	65.60	34.23	13.50	47.73	0.144	15.53
Rabeaa	73.13	36.10	16.03	52.13	0.288	19.67
Anbara	74.40	33.83	21.63	55.46	0.253	14.30
LSD at 0.05%	4.99	3.47	6.38	5.18	0.26	1.14

## REFERENCES

- Abou Rekab Zeinab A.M. (2005). Some physiological studies on date palm. Ph. D. Thesis. Fac. Agric., Cairo. Univ. pp.205.
- Ageli. F.R. and M.Ismail (2010). Evaluation of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) males for pollen grain production and the effect of pollen on fruit characteristics. Fourth International date palm Conference Abu Dhabi, U.A.E; 15-17 March. PP.47.
- Al-Ghamdi, A.S.; A.M.Al-Bahrany and J.M.Al-Khayri (2007). Evaluation of male date palm (*Phoenix dactylifera* L.) as a pollination source for Al-Hassa commercial cultivars. The Fourth Symposium on date palm in Saudi Arabia, Date Palm Research Center; King Faisal university –Al Hassa, 5-8 May.
- Al-Husseini.M.S.; N.Al-Wasibai.; H.H.Al-Achour.; H.A.K.Khourshid.; A.Al-Omrane.(2010). Evaluation of some pollinators and effect on date production and quality in Al-Hassa (KSA) [Metaxenia]. Fourth International date palm Conference Abu Dhabi, U.A.E; 15-17 March. PP.69.
- Association of Official Agricultural Chemists (1995). Official methods of Analysis. A.O.A.C. 15<sup>th</sup> Ed. Published by A.O.A.C. Washington, D.C. (U.S.D).
- El-Agamy, S.Z.; T.K.El-Mahdy and O.A.Khalil (2003). Behaviour studies of Dajana and Sakkoti date palm cultivars under Aswan environment. Proceedings of the international conference on date palm, King Saud University, Qaseem Branch; 16-19 September, 115-135.

- El-Mahdy, T.K and M.F. Badran (2003) .Behaviour studies on yield and fruit quality of Zaghloul and Samany date palm cultivars under Aswan conditions. Assiut-Journal-of-Agricultural-Sciences; 34(1): 51-65.
- Mawlood, E.A. (1980). Physiological studies on fruits development of Samany and Zaghloul date palm cultivars. Ph.D.Fac.Agric.Cairo.Univ.
- Meligi, M.A., G.F.Sourial, A.M.Mohsen, A.S.Khalifa and M.Y.Abdalla (1983). Fruit quality and general evaluation of some Iraqi date palm cultivars grown under conditions of Kanater region, Egypt. Proceedings of the first Symposium on the date palm in Saudi Arabia, Al-Hassa.
- Metwaly H.A.A.(1999). Evaluation of some date palm trees under Assiut Governorate. M.Sc., Thesis. Fac.Agric., Cairo.Univ. Egypt.
- Metwaly, H. A. A.; Z. A. M. Abou-Rekab; A. A. Abd El-Baky and A. A.El-Bana (2009). Evaluation of some seeded date palm trees grown in fayoum governorate a-physical characteristics. Conference on Recent Technologies in Agriculture, 684-700.
- Mohamed, B.S. and H. Rachid (2006b).Chemical composition of the fruits of 15 Tunisian date palm (Phoenix dactylifera L.) cultivars . Plant-Genetic-Resources-Newsletter; (148): 19-25.
- Mrabet, A; Ferchichi, A; Chaira, N; Mohamed, B-S; Baaziz, M. and T.M. Penny (2008). Physico-chemical characteristics and total quality of date palm varieties grown in the southern of Tunisia .
- Rizk, S.A.; M. Omima and M. Abou Rawash (2003). Evaluation of some date palm cultivars grown at El Baharia Oasis ,Giza,Egypt. .Proceedings of the international conference on date palm, King Saud University ,Qaseem Branch;16-19September.
- Snedecor, G.W. and W.G. Cochran (1980). "Statistical Methods" Oxford and J.B.H.Publishing com.6<sup>th</sup> edition.
- Soliman, S.S (2002).Studies on the evaluation of fruit characteristics of Samany date palm grown in Aswan.J.Agric.Sci.Mansoura Univ., 27(8):5421-5428.
- Soliman, S.S (2006).Behaviour studies of Zaghloul date palm cultivar under Aswan environment.J.App.Sci.Res.Pakistan.2 (3):184-191.

## Effect of pollination by pollen grain from different males on bunch weight and fruit quality on Kadary date palm cultivar (*Poenix dactylifera* L.)

Soliman.S.S<sup>1,2</sup>, M.A. Ahmed<sup>1,2</sup>, R. S.Al-Obeed<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Plant production Dept., College of food & Agic. Sciences, King Saud Univ.

<sup>2</sup>Department of Horticultural Crops Technology, National Research Centre, Cairo, Dokki, Egypt  
Box2460, Riyadh 11451, Saudi Arabia.

Correspondingauthor.E-mail:[said\\_soliman@hotmail.com](mailto:said_soliman@hotmail.com).

### SUMMARY

This study was carried out during two successive seasons (2011-2012) at the Research and Agriculture Experiment Station, Dirab, College of Food and Agricultural Sciences, King Saud University, Riyadh. Pollen grains used in this trial were collected from eleven males, Succary, Menify, Sallag, Dikhiny, Nabout Zamel, Serry, Khalas, Shagra, Safry, Maktumi and Kadary to pollinate Kadary date palm cultivar. Results indicated that the Safry male followed by Succary, Menify, and Serrymales increased fruit physical and chemical properties in both seasons. Also, all studied characters were significantly affected with different pollen males used in this trial. Safry male gave the highest retained fruit and bunch weight. Safry pollen gave the best fruit quality: fruit physical properties (fruit and flesh weight, fruit size and fruit dimensions) and fruit chemical properties (total soluble solid, reducing and total sugar) was highest in both seasons as compared with other pollen males.

**Key words:** Date palm, male, evaluation, fruit quality.

### 1. INTRODUCTION

The date palm (*Poenix dactylifera* L.) is one of the oldest cultivated fruits in the world. Its cultivation took place in the early beginning of the first great civilization in the region between Libya and southwest Persia (Munier, 1953). Kadary of the best date palm cultivars. It can grow well under drastic environmental conditions which could not be suitable for another fruit species.

It is well recognized that date palm is a dioecious plant i.e. male and female flowers are borne on separate palms. Natural pollination may occur by wind and insects. If the pollination process is dependent on these two agents, the palm cropping will be shy and the fruits may be of inferior quality due to inadequate pollination. Therefore, artificial hand pollination becomes a necessity as a mean to ensure good yield. The concept of artificial date pollination is not new, and manual pollination has been used for long time. In addition to the simple method of placing the whole or part of a male inflorescence in female spathe.

About 400 cultivar of date palms are grown in the Kingdom of Saudi Arabia, these cultivars differ in distribution and frequency all growing regions. Each region in the Kingdom is characterized by number of date palm cultivars. Each female cultivar has appropriate male pollinator cultivars. The effect of pollinator source is reflected on the physical and chemical characteristics on fruit set. The available number of date palm males is insufficient for efficiently pollinating the increasing number of female plants in Kingdom of Saudi Arabia. Most of date palm males available for pollinating different female cultivars are mainly originated from seed propagation; resulting in many different local males that represent a source of genetic diversity. Characterization and evaluation of the present male palm as a superior one for each female cultivar should be first step to establish an intensive program to produce superior (highly potent) males through different procedures, El-Sharabasy et al (2003). Pollen grain from different male pollinizers effects fruit set yield and fruit characteristics. Al-Ghamadi et al. (1988), Ibrahim and Shahid (1994) and El-Salhy et al (1997) reported that fruit set, yield and physical characteristics of each cultivar varied according to male parent used in pollination. Osman and Soliman (2002), El-Kosary and Soliman (2003) and Iqbale et al. (2004) reported that different pollinators have significant effect on fruit weight, size and pulp as well as fruit yield. Al-Hamoudi et al. (2006) tested three male type i.e. Ghanamy, Fard and Bovi Ghanamy pollen recorded the highest significant fruit set, bunch weight and fruit diameter as well as pulp weight. Soliman and Al-Obeed (2013) found that the Safry Male followed by Succary male significantly increased germination percentage and dimensions of pollen grains compared to other date palm males in both seasons. A comparison between shape, pores frequency and exine patterns of pollen grains proved to

differentiate date palm males under study. Therefore, these parameters help for the identification of date palm males.

Therefore, it is important to conduct an evaluation to these males in terms of vegetative and flowering characteristics, determined of biodiversity and opening early & delay, and also monitoring the similarities and differences, and analyze the causes of the differences, which would contribute to the identification of the information availability, especially in this male that may benefit for any future studies. As well as to evaluate the physical and chemical quality of fruits resulted from females that inseminated with pollen of these males since source of pollen is of important factors to improve production and fruits quality in different cultivars of date palm.

## 2. MATERIAL AND METHODS

This study was conducted at the Agriculture Research and Experiment Station, Dirab, College of Food and Agricultural Sciences, King Saud University, Riyadh during two successive seasons 2011 and 2012 on Kadary date palm cultivar. Five date palm trees for of uniform vigorous 15 year-old, grown on sandy soil were selected according to their bearing of approximately the same number of spathes and leaves. Only eleven bunches were left on each experimental tree. All cultural practices were carried out according to the traditional schedule for experimental palms. Pollination was achieved by using pollen grains from the eleven males, (Succary, Menify, Sallag, Dikhiny, Nabout Zamel, Serry, Khalas, Shagra, Safry, Maktumi and Kadary). Each Spathe on each Palm pollinator by pollen grains from male is different of the other. spathe pollination by hand pollination was done by 5 male strands inserted in the middle of female inflorescence in all treatments. After spathe pollination, the inflorescence was wrapped by paper bags to prevent natural contamination by strange pollen from surrounding males. Thereafter, the bags were removed out after three weeks from pollination. So, that it applied to all treatments on a single Palm (Pollination by pollen grains from eleven males).

Experimental treatments (eleven) were arranged in randomized complete block statistical design with five replications (one palm tree for each replication).

The yield of experimental trees was harvested through the first half of August. Average bunch weight in kg/palm was recorded. Samples of 10 date fruits were picked at random for the determination of both fruit physical and chemical characteristics.

- Average bunch yield was estimated by kg.
- Fruit physical characters:

Samples of five replicates, each 10 fruits were taken randomly from each bunch to determine fruit size and dimensions (length and diameter, in cm), fruit weight, fruit flesh weight and seed weight (in grams).

- Chemical properties:

- Moisture content: was determined according to A.O.A.C. (1995).

- Total soluble solids: The percentage of TSS was determined in the fruit juice using zice refractometer A.O.A.C, (1995).

- Fruit acidity: Fruit acidity was determined according to A.O.A.C. (1995). And the titrable acidity was calculated as citric acid, Mawlood (1980).

- Total soluble sugars and reducing soluble sugars percentages were determined in juice according to the method of Lane and Eynon as described in the A.O.A.C. (1995).

- Non-reducing sugars: It was determined by the difference between total and reducing sugars.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### *Fruit retained percentage*

Data presented in Table 1 indicate that the percentage of retained fruits was significantly affected by all treatments in both seasons. Moreover, there was a positive relationship between type male and retained fruits percentage under study in both seasons. The fruit retention rate is increased by pollination Safry male followed by succary male compared to other treatments. While Serry followed by Nabout Zamel males decreased fruit retained. Improvement in fruit percentage of retained fruits could be explained as a result of increase in pollen grains germination and pollen tube elongation due to type male and metaxenia effect.

### ***Bunch Yield (kg)***

Data presented in Table 1 show the average bunch weight of Khalas date palm cultivar. Fruit thinning of Khalas palm significantly decreased bunch yield than the control in both seasons. Meanwhile, the reduction in bunch yield was increased as the thinning degree increased. Nevertheless, differences between various degrees of thinning were too small to reach the significant level. These obtained results from this study cleared that bunch weight and fruit retained were affected significantly by different pollen grain males used. Safry followed by Succary males gave the highest fruit retained and bunch weight compared to others males in both seasons. These results are agreement with Hussein (1970), Mathew et al (1975), Khalifa et al. (1980), Nour and Jasim (1984), Shaheen et al. (1989), El-Salhy et al (1997), Soliman (1999) , Soliman and Osman (2001) and El-Kosary and Soliman (2003), Ghaffar and Iqbal (2003), Ashour et al (2004) and Iqbal et al. (2009) on several date palm cultivars.

### ***Fruit Characteristics***

#### ***- Physical Properties***

Data concerning the physical properties (Beser and Tamur stage) of the fruits in the tow seasons are presented in Table 1.

#### ***- Fruit and flesh weight (g):***

Concerning the fruit weight, the results obtained indicated that, there were significant differences between type male and fruit and flesh weight under study in both seasons. Pollination by Safry male increased fruit and flesh weight during tamur stages than those other males in both seasons. Pollination by Kadary male decreased fruit and flesh weight as compared with other males use in two seasons. These findings support the results of Iqbal, et al. (2008) whom reported that flesh weight was affected due to different pollen sources. Al-Qureshi (2010) studied the physical and biochemical changes in Helali date palm fruit during development and ripening in two successive seasons. They reported that fruit flesh weight gradually increased during development until week 17 (Biser stage) from pollination then slightly decreased during ripening at week 23 (Rutab stage), but sharply decreased during the Tamur stage at week 27. resulted are in agreement with Hussein (1970), Mathew et al.(1975), Kalifa et al (1980), Shaheen et al. (1989), El-Kosary (1993), Soliman (1999) and El-Kosary and Soliman (2003).

#### ***- Seed weight (g)***

Regarding the seed weight, the data obtained indicated that, there were significant differences between all pollination treatments (Tamur stage) for Kadary cultivar in both season. Pollination by Sallage and Dikhiny mal decreased Seed weight as compared to other males in the first and second seasons, respectively. The results are in line with those of Soliman (1999) , El-Kosary and Soliman (2003) and Iqbal et al (2011).

#### ***- Fruit volume (cm<sup>3</sup>)***

The Succary fruit volume was significantly affected by pollen grain males treatments in both seasons. Safry, Succary, Nabout Zamel and Menify males and Succary, Safry, Shagra and Nabout Zamel males gave the height fruit volume in the first and second seasons, respectively. These data are in agreement with those reported by El-Hammdady et al. (1977), El-Kosary (1993), Haffar and Al-Juburi (1997), Soliman (1999), Osman and Soliman (2002) and El-Kosary and Soliman (2003).

**Table 1.** Effect of different date palm male pollinizers on fruit retained, bunch weight and fruit physical characteristics

Males	Fruit weight (g)	Flesh weight (g)	Seed weight (g)	Fruit volume (cm)	Fruit Length (cm)	Fruit diameter (cm)	Initial frit set (%)	Fruit retained (%)	Bunch weight (kg)
2011-2012									
Succary	11.96	11.01	0.95	11.67	4.15	2.35	82.6	64.8	15.50
Menify	11.56	10.54	1.02	11.65	4.10	2.33	79.8	57.6	14.69
Sallag	9.69	8.83	0.86	10.00	3.80	2.25	85.6	60.5	13.45
Dikhiny	10.10	9.16	0.94	10.33	4.00	2.32	65.5	55.2	11.00
Nabout Zamel	11.30	10.43	0.87	11.67	4.13	2.35	78.0	51.7	14.33
Serry	11.55	10.61	0.94	11.50	4.17	2.50	58.6	49.8	9.20
Khalas	10.27	9.37	0.90	11.17	4.03	2.47	60.0	57.7	11.20
Shagra	10.49	9.48	1.01	10.67	4.10	2.47	66.1	58.4	14.40
Safry	12.10	11.15	0.95	12.17	4.30	2.47	75.9	71.3	16.00
Maktumi	10.53	9.59	0.94	11.00	4.10	2.40	80.8	54.3	13.20
Kadary	9.49	8.61	0.88	9.67	3.97	2.60	80.8	59.9	10.00
LSD at 0.05	2.31	2.30	0.11	2.28	0.33	0.10	15.3	4.5	5.33
2012-2013									
Succary	11.65	10.6	1.05	12.7	4.20	2.50	79.6	59.4	14.67
Menify	10.34	9.4	0.94	10.7	4.00	2.43	74.8	51.6	14.33
Sallag,	10.22	9.2	1.02	10.2	3.80	2.37	80.0	55.5	14.00
Dikhiny	10.04	9.2	0.84	10.2	3.90	2.43	60.5	50.2	10.33
Nabout Zamel	10.52	9.6	0.92	11.0	4.00	2.33	74.0	46.7	14.00
Serry	9.77	8.8	0.97	9.7	3.80	2.33	63.6	45.8	10.33
Khalas	9.58	8.7	0.88	10.3	4.00	2.40	65.0	53.7	12.33
Shagra	10.94	10.0	0.94	11.8	4.20	2.40	64.1	54.4	14.00
Safry	12.09	11.1	0.99	12.2	4.30	2.43	74.9	66.3	15.67
Maktumi	10.43	9.5	0.93	10.8	4.00	2.37	77.2	50.3	14.00
Kadary	9.58	8.61	0.97	9.3	3.90	2.37	76.5	53.9	10.33
LSD at 0.05	3.8	3.7	0.17	4.11	0.72	0.29	12.7	3.4	6.59

#### **- Fruit dimensions**

Result of fruit dimensions (length and diameter) in the two seasons showed that fruit length and diameter were significantly affected by pollen grain different males. Fruit length was increased significantly by pollination of Safry followed by serry and Succary males and Safry followed by Succary and Shagra males in the first and second seasons, respectively. Fruit length was decreased with Pollination by Sallage in the first season and Sallage and Serry in the second season as compared to other males. Pollination by Khalas, Shagra and Safry males followed by Succary gave the highest fruit diameter in the first season. While Succary followed by Menify and Dikhiny and Safry males gave the highest fruit diameter in the second season. These results are in agreement with Shaheen et al (1989), Soliman (1999), Soliman and Osman (2001), El-Kosary and Soliman (2003), Al-Hammady et al. (2006), Iqbal et al. (2010) and Iqbal, et al. (2012).

#### **Chemical properties**

##### **- Total acidity**

Data in Table 2 indicated that total fruit acidity percentage was significantly affected by different pollen grain males treatments for the cultivar in both seasons. Pollination by Shagra followed by Safry and Succary males gave the highest total acidity percentage and Sallag and Dikhiny males gave the lowest total acidity percentage as compared to other males in the first season. While pollination Safry followed by Shagra, Succary and Nabout Zamel males recorded with high total acidity percentage values and Khalas followed by menify males recorded with low values. These results are in agreement with Mathew et al. (1975) Shaheen et al. (1989), El-Kosary (1993), Soliman (1999), El-Kosary and Soliman (2003) and Farag et al (2012).

### - Total soluble solids percentage

Data presented in Table 2 show that all treatments affected significantly total soluble solids percentage in fruit juice for the cultivar in both seasons. The highest total soluble solids percentage was obtained by pollination Saffry followed Succary and Saffry followed by Menify males than those other males in the first and second seasons, respectively. The results are in line with those with Khalifa et al. (1980), Shaheen et al. (1989), Soliman (1999), Soliman and Osman (2001), El-Kosary and Soliman (2003), Shafique et al. (2011) and Farag et al. (2012).

**Table 2.** Effect of different date palm male pollinizers on fruit chemical characteristics.

Males	Acidity %	TSS %	Reducing sugars	Non-R. sugars	Total sugars	Moisture content %
<b>2011-2012</b>						
Succary	1.305	70.8	45.5	23.3	68.8	19.9
Menify	1.229	68.6	45.8	20.5	66.3	19.9
Sallag,	0.845	56.4	35.7	18.8	54.5	20.3
Dikhiny	0.845	55.6	37.2	15.5	52.7	21.2
Nabout Zamel	0.729	61.8	37.8	21.3	59.1	18.9
Serry	1.229	67.2	45.4	19.6	65.0	22.6
Khalas	0.960	65.0	34.1	25.5	59.6	18.5
Shagra	1.459	59.2	42.6	13.5	56.1	19.9
Saffry	1.440	73.2	46.4	24.5	70.9	20.2
Maktumi	1.198	66.4	37.7	21.8	59.5	24.1
Kadary	1.000	67.2	45.7	18.1	63.8	19.2
LSD at 0.05	0.322	7.4	6.1	10.4	7.1	3.7
<b>2012-2013</b>						
Succary	0.1536	70.9	46.5	22.4	68.9	16.0
Menify	0.1165	74.0	47.3	21.1	68.4	12.3
Sallag,	0.1241	62.4	45.7	13.5	59.2	15.9
Dikhiny	0.1408	61.8	42.6	16.6	59.2	16.8
Nabout Zamel	0.1536	62.0	42.0	15.3	57.3	17.8
Serry	0.1472	70.7	44.8	22.3	67.1	19.1
Khalas	0.1152	61.8	46.0	12.8	58.8	17.7
Shagra	0.1664	58.2	43.8	11.3	55.1	18.1
Saffry	0.1728	76.4	45.8	25.8	71.6	16.8
Maktumi	0.1413	66.2	47.1	16.5	63.6	16.7
Kadary	0.1344	63.2	46.5	13.7	60.2	15.9
LSD at 0.05	0.022	2.29	2.76	4.77	3.07	4.82

### - Sugar contents

Data in table 2 indicated that reducing sugar, non-reducing and total sugar was significantly affected by different pollen grain males in both seasons of study. Moreover, pollination by Saffry followed by Menify and Menify followed by Maktumi males increased reducing sugars percentage compared with the other males during both seasons, respectively.

Regarding non-reducing sugars, Khalas followed by Saffry and Saffry followed by Succary gave the highest non-reducing sugars percentage as compared to other males in first and second seasons, respectively.

As for total sugar contents, results indicated that fruit total sugars percentage was significantly affected by different pollen grain males treatments. Pollination by Saffry followed by Succary males increased total sugars percentage as compared to other males in both seasons. These data are in agreement with those obtained by Soliman (1999), Soliman and Osman (2001), El-Kosary and Soliman (2003), Shafique et al. (2011) and Farag et al. (2012).

### **- Moisture content percentage**

Data presented in Table 2 showed that pollination by Khalas followed by Nabout Zamel and Menify followed by Sallag and Khadary males had lower values of moisture content percentage than those other males in first and second seasons, respectively. The results are in line with those with Mathew et al.(1975) Shaheen et al. (1989), El-Kosary (1993), Soliman (1999) and El-Kosary and Soliman (2003). In conclusion, pollination by Safry pollen grain gave the highest retained fruit and bunch weight and improved fruit characteristics where they increased significantly fruit physical and chemical properties of dates (Tamur stage).

### **REFERENCES**

- Al-Hamoudi, A.H.,A.H.El-Hamady,A.M.Desouky,I.A. and A. Hamid (2006).Evaluation of some male type as pollinator for Barhi date palm grown in Egypt.Arab Universities J.Agric.Sci. 14 (1):365-377.
- Al-Qureshi, A.D.(2010). Physico-chemical changes during development and ripening of Helali date palm fruit J.Food,Agri.Env.8(2):404.
- Ashour,N.E.,H.S.A.Hassan and E.A.M.Mostafa (2004).Yield and fruit quality of Zaghoul and Samani date palm (*Phoenix dactylifera* L). as affected by pollination methods.Annals Agric.Sci.Ain Shams Univ.Cairo, 49 (2):631-642.
- Association of Official Agricultural Chemists.(1995). Official methods of Analysis. A.O.A.C.15<sup>th</sup> Ed. Published by A.O.A.C. Washington,D.C.(U.S.D).
- El-Hammady.M.M.,A.S.Khalifa and A.M.El-Hammady (1977). The effect of date pollen on some physical and chemical characters of Hayany variety.Research Bulletin No.737,Fac.Agric.Ain-Shams Univ.Cairo.
- El-Kosary,S.(1993). Effect of pollen sources on fruit characteristics of date palm Samani cv. and Barhee seedlings.M.Sc.Thesis,Dept.of Pomology,Fac.Agric.Cairo Univ.
- El-Kosary.S and S.S. Soliman. (2003). Samany and Zaghoul date palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L) productivity as influenced by different pollen sources and two hand pollination methods. *Assiut Journal of Agricultural Science*,Vol 34,No.2.
- El-Salhy,A.M.,A.Y.Abdalla and R.A.A.Mostafa (1997).Evaluation of some date palm male seedling in pollination of Zaghoul and Samani date palms under Assiut Condatons.Assiut J.OF Agric.Sci.,28(2):79-87.
- El-Sharabasy.S.F., E.E.T.El-Baz., O.H.El-Shiaty and S.Fawzi. (2003). Evaluation of some date palm (*Phoenix dactylifera*,L) males for pollination of Zaghool date palm cultivar. Proceeding of the international conference on date palm in Kingdom of Sudia Arabia.Qaseem branch, King Saud Univ., 95.
- Frag.K.M.,A.S.Elsabagh and H.A.Elshry (2012). Fruit characteristics of Zaghoul date palm in relation to metaxenic influences of used pollinator.American-Eurasian J.Agric & Environ. Sci.12(7):842-855.
- Ghaffar,A. AND m.Iqbal (2003).Effect of male pollinizer on fruit setting and yield of cv Zahidi and Dhakki under the agroclimatic condation of D.I. Khan.M.Sc (Hons) Thesis. Dept.Hort., Agri.Faculty, Gomal Univ.,D.I.Khan.
- Haffar,I.,H.Al-Jubri and M.H.Ahmed (1997). Effect of pollination frequency and pollen concentration on yield and fruit of mechanical pollinated date palm trees (*Phoenix dactylifera* L var.Khalas). J.Agric.Engn.Rrs.,68:11-14.
- Ibrahim,M.C. and Shahid,A. (1994).Effect of different pollen sources on fruit seting and fruit quality of two date cultivars.Acta Science.3 (1&2):137-144.
- Iqbal, M.,A.Ghaffar.,J.U.Din and M.Munir (2008). Effect of different date male pollinizers on fruit characteristics and yield index of date palm (*Phoenix dactylifera* L) cultivars Zahidi and Dhakki. Pakistan J.Agric.Res Vol. 21,No 1-4.
- Iqbal,M., M.Niamatullah and M.Munir (2012). Effect of various dactylifera males pollinizer on pomological traits and economical yield index of cvs Shakri,Zahidi and Dhakki date palm (*Phoenix dactylifera* L).
- Iqbal,M.,Jalal ud din., M.Munir and Mohibullah (2009). Floral effect of different date palm male pollinizer on fruit 1 charactersicts and yield index of datepalm (*Phoenix dactylifera* L) cv Zahidi and Dhakki. Pakistan J.Agric.Res., 21 (4), 79-85.

- Iqbal,M.Ghaffor,A and S. Rehman (2004). Evaluation of whorl wise floral characters of seedling male palm used in pollination nation of cv.Dhakki in Dera Ismail Khan.Intern.J.Agric and Bio.6 (1):100-107.
- Iqbal.M.,M.Q.Khan.,M.Munir, S.U.Rehman.,H.U.Rehman and M.Niamatullah (2010). Effect of different pollination techniques on fruit set,pomological characters and yield of Dhakki date palm in Deraismail Khan,Kp.Sarhad.J.Agric.Vol.26,No.4.
- Khalifa,A.Z.Hamdy,S.Azzouz,H.El-Masry and M.Yousef.(1980).Effect of source of pollen grains on physical and chemical quality of Amhat date variety.AGRIC. res.REVIEW,58 (3):15-23.
- Mathw.C,A.H.Al-Rawi,A.Al-Zubaidy,M.Al-Obaidi and Z.AL-Doori (1975).The effect of pollen grains on the Khastawi date fruit: 1- pollination of individual trees with different pollen.Bull.Biol.Res.Center Baghdad,pp.1-16.
- Mawlood, E.A., (1980). Physiological studies on fruits development of Samani and Zaghlood date palm cultivars.Ph.D.Fac.Agric.Cairo.Univ.
- Nour,G.M. and A.M.Jasim (1984).Effect of different date pollen grains on fruit characteristics of Khadrawi and Maktum date cultivars (*Phoenix dactylifera* L).Agric.Res.Rev. 62 (3A):267-275.
- Osman,S.M and S.S.Soliman (2002). Effect of different pollen grains and pollination time on fruit quality of Zaghlood date cultivar under north Sinai conditions.Assiut Journal of Agricultural Science, Vol.33, No.5.
- Shafique.M.,A.S.Khan,A.Malik M.Shahid, I.A.Rajwana,B.A.Saleem,M.Amin and I.Ahmed. (2011). Influence of pollen source and pollination frequency on fruit drop,yield and quality of date palm (*Phoenix dactylifera* L).CV.Dhakki.
- Shaheen,M.A, T.A.Nasr and M.A.Bacha (1989).Effect of male type on fruit setting,yield and fruit physical properties in some date palmcultivars.AnnalsAgric.Sci.Fac.Agric.Ain-Shams Univ., Cairo,Egypt.34 (1):283-299.
- Snedecor, G.W. and Cochran. W.G.1980.Statistical Methods Oxford and J.B.H.Publishin.
- Soliman, S.S.(1999). Effect of pollen source on fruiting and fruit characteristics of two date palm cultivars Samani and Sakkoty Ph.D.Thesis.Fac.Agric.Cairo,Univ.
- Soliman, S.S and S.M.Osman (2001).Yield and fruit quality of Bartamoda and Malkabi dates as affected by different pollen types under south El-Wady conditions.
- Soliman, S.S., R. S. Al-Obeed (2013). Investigations on the pollen morphology of some date palm males (*phoenix dactylifera* L.) under Saudi Arabia conditions. *Australian Journal of Crop Science*. 7(9):1355-1360.



## Le phosphogypse un déchet ou une ressource à gérer ? Essais d'utilisation en sols salés

Béjaoui Imene<sup>1</sup>, Benzina Kolsi Naima<sup>2</sup>

Laboratoire de Sciences de Sol et Environnement. Département de biotechnologies végétales. Institut National Agronomique de Tunis. 43, Av. Charles Nicole, Cité Mahrajène 1082 Tunis, Tunisie,  
Emails: bjaoui.imen@gmail.com, kolsinb@yahoo.com

### RESUME

En vue d'étudier des possibilités de valorisation agronomique du phosphogypse tunisien, deux essais de plein champ ont été menés sur un sol sodique de la sebkha de l'Ariana utilisant des doses équivalentes à 10 ; 20 et 40 tonnes par hectare.

Pour le sol aussi bien cultivé que non cultivé, l'amendement par le phosphogypse entraîne une diminution non significative du pH de l'horizon 0-10 cm, une diminution significative de sa conductivité électrique et une amélioration de sa perméabilité. Une augmentation significative de la teneur du sol en phosphore assimilable est observée avec l'augmentation des doses de phosphogypse appliquées. Une dose équivalente à 20 tonnes/ha donne une diminution significative de la sodicité du sol exprimée par un rapport Na/T qui passe de 16,52 à 10.

Le sol cultivé en plein champ en *Atriplex halimus L.*, donne une plus grande production en biomasse pour les plantes traitées par rapport à celles non amendées. Les teneurs en phosphore des plantes, augmentent avec la dose de phosphogypse. Alors que les teneurs en cadmium de la partie aérienne de l'*Atriplex halimus* (tiges et feuilles) sont supérieures aux teneurs limites fixées par AFNOR.

Les résultats permettent de conclure que, avec un choix adéquat de plantes résistantes à la salinité, l'amendement en phosphogypse améliore les caractéristiques physiques et chimiques des sols salés.

**Mots clé :** phosphogypse, valorisation agronomique, amendement, sols salés

### SUMMARY

In order to study different possibilities of phosphogypsum agronomic valorization, two experiments were conducted in situ on phosphogypsum amended sodic salty soils from Ariana area. Three phosphogypsum rates (10, 20 and 40 tons per hectare) were given. Phosphogypsum supply reduces significantly the electric conductivity of the amended soils, improves soil permeability; it decreases sodium percentage and enhances phosphorus soil contents. An application of 20 tons per hectare causes a significant reduction of soil sodicity with a decrease of Na/T value from 16.52 to 10. Total cadmium soil contents are higher than AFNOR norms (>2 mg/kg soil). For *Atriplex halimus L.*, phosphogypsum amendment gives higher dry matter compared to untreated soils and increases phosphorus plant content. But this treatment enhances also cadmium contents. Although, these Cd contents still below tolerated limits for this plant.

Results shows that phosphogypsum enhance physical and chemical characteristics of sodic salty soils but the choice of resistant plants is necessary.

**Keywords:** Phosphogypsum, Agronomic valorization, Amendment, Salty soils

### 1. INTRODUCTION

La Tunisie est le deuxième pays au monde à valoriser un grand pourcentage de sa production de phosphate (près de 80%) (GCT, 2006). Dans cette industrie phosphatière, la production d'acide phosphorique est aussi génératrice de sous produits tel que le phosphogypse. La production annuelle de phosphogypse en Tunisie est estimée à 10 millions de tonnes pour l'ensemble des usines de production d'acide phosphorique (Sfar Felfoul et al., 2002). Depuis les années 70, plusieurs pays (Etas Unis, Espagne, Turquie) étudient la possibilité de valorisation du phosphogypse dans le secteur agricole. Les études ont porté sur l'utilisation de ce produit en tant que fertilisant ou bien en amendement pour la réhabilitation des sols acides et salés. Des résultats obtenus antérieurement (Mullins et Mitchell, 1990 et Nemeč et al., 1990) suggèrent que le phosphogypse est une excellente source de soufre et de calcium et qu'il aurait des effets positifs sur les caractéristiques physico-chimiques des sols salés. En Tunisie, la surface des sols salés est estimée à 1.510.813 ha (Ministère de l'environnement, 2003). Ces sols sont caractérisés par de mauvaises qualités physicochimiques

(mauvaise perméabilité, taux élevé de sodium échangeable) qui rend leur utilisation agronomique difficile (Aubert, 1982). L'utilisation du phosphogypse en amendement de tels sols pourrait aider à leur réhabilitation en améliorant leurs propriétés physiques et chimiques permettant leur utilisation agronomique pour certaines cultures adaptées. Ce travail est réalisé afin de déterminer les effets de différentes doses de phosphogypse sur les caractéristiques d'un sol salé sodique, cultivé ou non, et sur le rendement de l'*Atriplex halimus* L. en plein champ, plante fourragère, qui tolère bien les conditions d'aridité (sécheresse, salinité), et sur leurs teneurs principalement en cadmium (Cd). Cette culture contribuerait ainsi à la valorisation des sols marginaux et dégradés et à l'amélioration des productions végétale et animale dans plusieurs régions démunies.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### Le sol

La sebkha est caractérisée par un engorgement en eau en hiver et un dessèchement et une formation de croûte salée superficielle en été. Le sol est de texture limoneuse, de pH basique (8,37) et un rapport Na/T supérieur à 15% (Tableau 1). C'est un sol salin à complexe sodique.

**Tableau 1.** Caractéristiques physicochimiques du sol de la sebkha de l'Ariana (moyennes de trois répétitions)

Paramètres mesurés	Résultats
Argile (%)	24,3
Limon (%)	57,6
Sable (%)	18,0
CE (extrait 1/5) (mmols/cm)	8,33
pH	8,37
Perméabilité (cm/h)	0,47
CEC (méq/100g sol)	14,80
Na échangeable (méq/100g sol)	2,44
Rapport Na/T	16,52
Phosphore assimilable (Olsen) (ppm)	27,0

### Le phosphogypse

Le phosphogypse utilisé dans tous les essais de ce travail est un sous produit de l'industrie phosphatière tunisienne (Tableau 2).

**Tableau 2.** Caractéristiques chimiques du phosphogypse tunisien (Groupe Chimique Tunisien, communication orale)

Eléments	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	CaO	SO <sub>3</sub>	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
% MS	1,69	32,8	44,4	7,5	1,8	46,4

### Matériel végétal

La plante cultivée est l'*Atriplex halimus* L., qui se développe dans des régions arides et salines (Kelley et al., 1982). C'est une halophyte capable d'accumuler de grandes quantités de sel dans ses tissus et plus particulièrement à la surface des feuilles (Mozafar et Goodin, 1970). Elle peut être plantée pour stabiliser les sols et certains estiment qu'elle pourrait contribuer à la désalinisation des sols dans les régions arides. Elle est capable d'accumuler des quantités importantes de cadmium (Cd) ou de zinc (Zn) sans présenter d'inhibition de croissance ou d'augmentation de la mortalité (Lutts et al., 2004).

### Protocole expérimental

Le but est d'étudier l'effet de différentes doses de phosphogypse sur un sol non cultivé. L'essai est effectué sur trois billons espacés de 5 mètres et de 1 mètre de hauteur. Sur les billons, on a effectué un épandage de trois doses de phosphogypse équivalentes à 10, 20 et 40 tonnes de PG/ha sur des micro parcelles de 1 m<sup>2</sup> que nous noterons : T, D/4, D/2 et D. Six mois plus tard, des prélèvements de sol sont effectués à deux profondeurs, 0 – 10 cm et 10 – 20 cm.

Pour étudier l'effet du phosphogypse sur l'*Atriplex* cultivé sur un sol amendé par le phosphogypse. Les arbustes d'*Atriplex* sont plantés dans des trous (0,4m × 0,4 m) espacés de 1,5 m. L'application des traitements est effectuée le jour de la plantation, en mélangeant le phosphogypse avec la terre enlevée

lors du creusage des trous de plantation. La terre est ensuite remise au niveau des trous après insertion des plants d'Atriplex. Chaque unité expérimentale est constituée de 5 plants alignés. Pour éliminer l'effet bordure, on sépare deux traitements, en intercalant 5 plants non traités. Après vingt mois de l'ajout du phosphogypse, trois échantillons de plantes sont prélevés sur la partie aérienne pour chaque traitement.

### Paramètres mesurés

Les plantes ont été récoltées après vingt mois de culture. Juste après la récolte, les parties aériennes (tiges + feuilles) ont été pesées et leur poids de matière sèche a été estimé après séchage 24 h à l'étuve à 70°C. Le phosphore et le cadmium total sont analysés. Les paramètres physicochimiques du sol (pH, conductivité électrique, sodium échangeable, perméabilité, phosphore assimilable, capacité d'échange cationique et cadmium total) ont été obtenus selon la méthode d'analyse des sols de Pauwels *et al.* (1999).

### Analyses statistiques

L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance à un facteur au seuil de tolérance de 5%. Elle est complétée par des comparaisons multiples des moyennes par le test de Newman et Keuls à l'aide du logiciel XLSTAT 2009.

## 3. RESULTATS

### 3.1. Effet de l'amendement phosphogypse sur le sol non cultivé

#### 3.1.1. Effet sur le pH, la conductivité électrique (CE) et la perméabilité (K) du sol

Le pH du sol diminue progressivement avec l'augmentation de la dose de phosphogypse par rapport au témoin (Tableau 3). Toutefois, la diminution n'est pas significative. Cette diminution s'expliquerait par l'acidité introduite par l'apport de phosphogypse (pH = 2,7). Ce résultat va dans le même sens que les résultats trouvés par Saied (1991) qui a constaté que l'acidité introduite par le phosphogypse provoque une diminution du pH des sols initialement supérieur à 8.

La conductivité électrique des sols amendés diminue de 1 à 2 mS/cm (Tableau 3). Cette diminution est observée principalement au niveau de l'horizon de surface (0 -10 cm). La valeur la plus faible de la conductivité électrique (6,32 mS/cm) est observée pour la dose (D), équivalente à 40 tonnes PG/ha.

Pour tous les sols traités on observe une amélioration significative de la perméabilité (Tableau 3). Mais cette augmentation est significativement plus importante au niveau de l'horizon de surface (0 -10 cm) comparé à l'horizon sous-jacent (10 -20 cm). Cette augmentation va avec l'augmentation de l'apport de phosphogypse. Ce résultat s'expliquerait par l'enrichissement de la solution du sol par les ions Ca<sup>++</sup> provenant du phosphogypse, permettant ainsi une meilleure structuration des particules du sol.

**Tableau 3.** Propriétés physicochimiques du sol non cultivé de la sebka de l'Ariana après amendement au PG

Traitements	0 – 10 cm			10 -20 cm		
	CE (mS/cm)	pH	K (cm/h)	CE (mS/cm)	pH	K (cm/h)
Témoin (T)	8,33a	8,37a	0,59b	10,00a	8,42a	0,55b
D/4	7,91b	8,25a	0,80ab	8,82b	8,41a	0,70ab
D/2	6,40c	8,29a	1,03ab	6,55c	8,41a	0,65a
D	6,32c	8,33a	1,05a	6,45c	8,42a	0,71ab
	CEC	Na <sub>échangeable</sub>	Na/CEC	CEC	Na <sub>échangeable</sub>	Na/CEC
Témoin (T)	14,80d	2,44a	16,52a	16,11d	2,61a	16,36a
D/4	17,45b	2,50b	14,32b	22,30a	2,41b	10,83b
D/2	18,74a	1,89c	10,08c	20,59b	2,22c	10,94b
D	16,43c	1,95c	11,93d	18,77c	2,06d	11,04c

D : 40 tonnes de PG/ha Pour chaque paramètre, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5% CE : conductivité électrique de l'extrait 1/5 K : perméabilité CEC : Capacité d'échange cationique

### 3.1.2. Effet sur la capacité d'échange cationique et la sodicité du sol

Initialement, les sols sont caractérisés par un rapport Na/CEC supérieur à 15% montrant la sodicité du sol. Un apport de phosphogypse cause une diminution de ce rapport donc une désodisation (Tableau 3).

L'amendement en PG augmente la capacité d'échange cationique et diminue le rapport Na/CEC de façon significative. La diminution de ce rapport suggère une évacuation du sodium du profil du sol ce qui est en accord avec les résultats de l'augmentation de la perméabilité. Le Na/CEC descend de 16,52 à 10,08 soit une diminution de 6,44 %.

Le calcul théorique du besoin total (BT) en gypse pour une telle variation est effectué selon la formule :

$$BT = \text{Besoin en gypse en méq /100 g de sol} = \frac{Na\% \text{ initial} - Na\% \text{ final}}{100} \times CEC$$

Si on considère un hectare de la sebkha de l'Ariana sur 30 cm d'épaisseur, l'expression en tonnes/hectare est la suivante (en prenant : densité apparente du sol 1,5 et l'équivalent de gypse ( $CaSO_4, 2H_2O$ ) = 86 g).

Le phosphogypse contient 44,3%  $SO_3$ , par conséquent il titre 93% de gypse. On peut alors déterminer les besoins en phosphogypse nécessaire en multipliant le résultat BT par le rapport 100/93.

Le calcul théorique donne une dose de phosphogypse de 3,95 tonnes/ha. Or ce calcul est basé sur une efficacité de l'application de phosphogypse de 100%. Sur le terrain, cette efficacité dépend non seulement du mode d'application et de l'efficacité du mélange mais aussi de l'apport d'eau (pluie et irrigation) qui est nécessaire pour solubiliser le produit et elle est toujours inférieure à 100%. La dose nécessaire sera donc toujours supérieure à la dose théorique ce qui est le cas des doses expérimentées dans ce travail.

### 3.1.3. Effet sur le phosphore assimilable du sol

La figure 1 montre une augmentation significative de la teneur en phosphore assimilable avec la dose d'apport. De 19,62 mg P/kg de sol témoin, on passe à 45,93 mgP/kg pour la dose de 40 tonnes PG/ha. Ce résultat est en accord avec celui de Gorbanov et al. (1991).

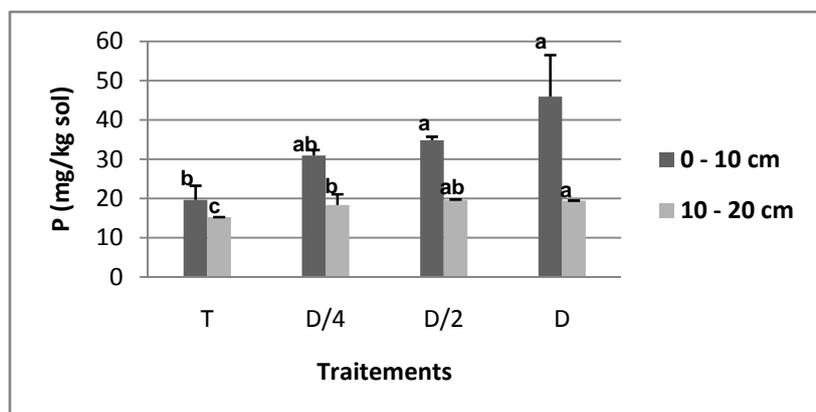


Figure 1. Teneurs en phosphore assimilable des sols amendés et non cultivés  
D : 40 tonnes de PG/ha. Les lettres différentes représentent des moyennes significativement différentes au seuil de 5%

### 3.1.4. Effet sur le cadmium du sol

Le sol non traité a déjà une concentration en cadmium montrant une pollution cadmique. Toutefois, cette concentration augmente avec les doses de phosphogypse, aussi bien au niveau de l'horizon 0 - 10 cm que de l'horizon 10 - 20 cm. Cette augmentation est significative pour les doses D et D/2.

**Tableau 4.** Teneurs en cadmium (en ppm) du sol non cultivé de la sebkha de l'Ariana

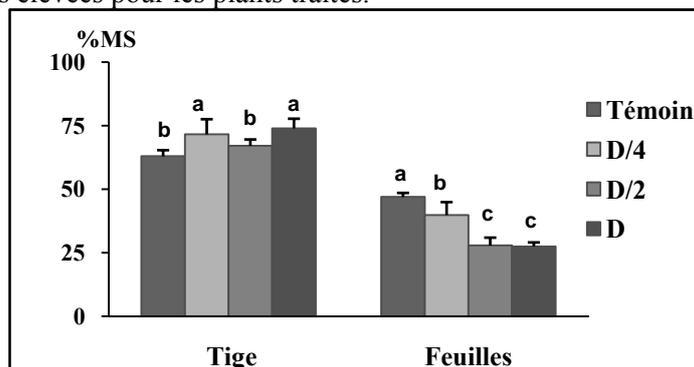
Horizons	0-10 cm	10-20 cm
Témoin (T)	5,92c ± 0,43	7,55b ± 0,19
D/4	6,37c ± 0,61	7,62b ± 0,28
D/2	6,87b ± 0,23	7,65b ± 0,34
D	7,52a ± 0,38	8,45a ± 0,17

Les concentrations en cadmium aussi bien des sols traités que du témoin pour l'horizon 10-20 cm sont significativement supérieures à celles des mêmes sols à une profondeur de 0- 10 cm. Ceci dénote de la mobilité du cadmium. En effet, cet élément est considéré relativement mobile par rapport à d'autres métaux en traces tels que le Cuivre (Cu) ou le Plomb (Pb). Les concentrations en cadmium observées sont largement au dessus des concentrations limites fixées pour les sols (2 mg/kg de sol) (AFNOR, 1985). La dose D est celle qui cause l'augmentation la plus significative du cadmium au niveau du sol. Cette augmentation est de 1,60 mg Cd/ kg de sol pour la couche 0 – 10 cm. Si on tient compte de la teneur en cadmium du phosphogypse utilisé dans cet essai qui est de 12,93 mg kg<sup>-1</sup> de phosphogypse. L'épandage d'une dose équivalente à 40 tonnes de PG/ha sur une profondeur de 20 cm introduit dans le sol un supplément cadmique de 0,173 mg Cd/kg de sol. L'augmentation de la teneur en cadmium du sol ne peut pas être expliquée par les apports appliqués.

### 3.2. Effet du phosphogypse sur l'Atriplex halimus L.

#### 3.2.1. Teneur en matière sèche

Après 12 mois de plantation, le taux de réussite des plants d'Atriplex est significativement supérieur pour les plantes traitées par rapport à celles non traitées. Les teneurs en matière sèche des tiges sont significativement plus élevées pour les plants traités.



**Figure 2.** Teneur en matière sèche (MS) de la partie aérienne de l'Atriplex amendé par le phosphogypse  
Pour chaque organe, les lettres différentes représentent des moyennes significativement différentes au seuil de 5%

La dose D (équivalente à 40t de PG/ha) a eu l'effet positif le plus élevé. Pour les feuilles, l'effet dose n'est pas toujours apparent. Les teneurs en matière sèche semblent diminuer avec les apports (figure 2). Alors que Saied (1991) a obtenu une augmentation de la production en matière sèche avec l'apport de phosphogypse pour le Ray Grass.

#### 3.2.2. Teneur en P

Les teneurs des feuilles en phosphore sont supérieures à celles des tiges. L'Atriplex aurait tendance à accumuler les éléments nutritifs dans les feuilles. Aussi bien pour la tige que pour les feuilles, les teneurs les plus élevées sont observées pour les plantes traitées avec la plus forte dose (D) équivalente à 40 tonnes PG/ha (Tableau 5). Cette teneur est de 0,51 % pour la tige et de 1,69 % pour les feuilles. L'effet dose est significatif pour la teneur en P des tiges mais il l'est moins pour celle des feuilles.

**Tableau 5.** Teneurs en phosphore de la partie aérienne de l'Atriplex amendé par le phosphogypse

	Tiges	Feuilles
Témoin	0,18c ± 0,01	0,75b ± 0,15
D/4	0,32b ± 0,01	1,14a ± 0,02
D/2	0,29bc ± 0,04	1,22a ± 0,12
D	0,51a ± 0,11	1,69a ± 0,05

Pour chaque organe, les lettres différentes représentent des moyennes significativement différentes au seuil de 5%

### 3.2.3. Teneurs en Cd

Les teneurs en cadmium observées pour les plantes traitées sont supérieures à celles des plantes non traitées. Les différences sont statistiquement significatives. Les teneurs du cadmium des feuilles sont supérieures à celles des tiges. C'est pour le dose D (équivalente à 40 t de PG/ha), qu'on observe les teneurs les plus élevées en cadmium au niveau des deux organes. Elles sont de 2,1 mg kg<sup>-1</sup> pour les tiges et de 2,76 mg kg<sup>-1</sup> pour les feuilles.

Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus par Lutts *et al.* (2003) et Remon (2006) qui ont observé une augmentation des teneurs en cadmium en particulier au niveau des feuilles quand les teneurs du cadmium dans le sol augmentent à cause de l'augmentation du taux de translocation de cet élément des racines vers la partie aérienne. Ces mêmes auteurs, notent qu'avec des apports croissants en cadmium, la croissance des plantes n'est pas affectée. Particulièrement, Lutts *et al.* (2003), ont montré que l'*Atriplexhalimus* est une espèce qui tolère et accumule d'avantage le cadmium. Ces auteurs ont observé que l'Atriplex peut supporter des teneurs en cadmium jusqu'à 830 mg kg<sup>-1</sup> lorsqu'elle est exposée à des quantités élevées de cadmium. Cette tolérance au cadmium est expliquée par la précipitation de cet élément en cristaux d'oxalate au niveau des feuilles. Ces auteurs suggèrent également que la tolérance de l'Atriplex aux métaux lourds est reliée aux mécanismes de tolérance de l'Atriplex au stress salin. Dans notre cas, les teneurs en cadmium de la partie aérienne de l'Atriplex (tige et feuilles) sont supérieures à 0,1 mg/kg de matière sèche, teneur normale du cadmium dans la plante (AFNOR, 1985).

### 3.2.3. Facteur de bioconcentration

Les taux d'absorption du cadmium par les plantes sont très variables et dépendent de l'espèce végétale, de la concentration de cadmium dans le sol, ainsi que d'autres facteurs influençant la biodisponibilité du cadmium. Le rapport de la teneur du végétal en cadmium à la teneur du sol en cadmium est dit facteur de bioconcentration.

$$\text{Facteur de bioconcentration} = \frac{\text{mg Cd/kg végétal (sec)}}{\text{mg Cd/kg sol}}$$

De nombreuses études rapportent des valeurs de facteurs de bioconcentration très hétérogènes, principalement en raison des conditions particulières d'expérimentation. Les résultats de la présente étude (Tableau 6) montrent que 6 à 28% du cadmium se concentre dans les tiges contre 11 à 37% dans les feuilles de l'Atriplex. Ceci s'explique par le fait que chez certaines espèces, la translocation d'éléments toxiques est plus importante que chez d'autres, pouvant conduire à une accumulation des métaux dans les feuilles et les autres parties aériennes (Remon, 2006). Pour l'Atriplex il n'y a pas de fixation du cadmium au niveau des racines. Ceci s'expliquerait par les similarités que possède cet élément avec le calcium (une même valence, propriétés physiques similaires). Au niveau des racines, il emprunte les mêmes canaux que le calcium et migre vers la partie aérienne.

**Tableau 6.** Facteur de bioconcentration du cadmium dans la partie aérienne de l'Atriplex suite à l'amendement par le phosphogypse

Organes	Traitements	Cd dans le sol (ppm)	Cd dans la plante (ppm)	Facteur de bioconcentration
Tiges	Témoin	5,92c	0,37d	0,06d
	D/4	6,37c	1,28c	0,20c
	D/2	6,87b	1,51b	0,21b
	D	7,52a	2,11a	0,28a
Feuilles	Témoin	5,92c	0,70d	0,11d
	D/4	6,37c	1,80 c	0,28c
	D/2	6,87b	2,10b	0,30b
	D	7,52a	2,80a	0,37a

#### 4. CONCLUSION

Les résultats d'analyse du sol de l'Ariana non cultivé montrent que le phosphogypse entraîne une amélioration significative de la perméabilité. Cette augmentation est significativement la plus importante au niveau de l'horizon de surface (0 -10 cm) comparé à l'horizon sous-jacent (10 -20 cm). Le pH du sol diminue également pour toutes les doses de phosphogypse, ce qui est apprécié dans les sols sodiques caractérisés en général par un pH supérieur à 8. La diminution du taux de sodium échangeable fixé sur le complexe adsorbant est observée ; pour ce paramètres, la dose (D/2) soit l'équivalent de 20t/ha semble être la plus efficace.

La teneur du sol en Cd augmente de manière significative avec la dose de phosphogypse appliquée à l'exception des sols traités avec une dose de phosphogypse (D/4) équivalente à 10 t PG/ha. En calculant la quantité de cadmium apportée par le phosphogypse au sol, il s'est avéré que les teneurs élevées en cadmium des sols amendés ne peuvent pas être expliquées uniquement par le phosphogypse. D'ailleurs, le témoin a une valeur de 5,94 mg cadmium /kg de sol. Cette teneur est au-delà des normes limites fixés par AFNOR (1985). Pour l'Atriplex, l'analyse de la parties aérienne (Tiges et Feuilles), réalisée au cours de ce travail, révèle que l'apport de phosphogypse permet d'améliorer la production en matière sèche des tiges d'une part et de l'état nutritionnel de la plante d'autre part. Par rapport au témoin, il augmente la teneur en phosphore. Cette augmentation est la plus élevée pour une dose de phosphogypse appliquée équivalente à 40tonnes PG/ha. En accord avec la littérature, et pour toutes les doses de phosphogypse, l'Atriplex a accumulé des quantités de cadmium dans sa partie aérienne. Surtout au niveau des feuilles, les teneurs observées sont supérieures aux teneurs limites ce qui appuie l'existence de mécanismes biologiques permettant à l'Atriplex de supporter des teneurs élevées en cadmium. L'utilisation de cette culture en fourrage risque un effet toxique sur l'animal et amène à une contamination de la chaîne alimentaire.

#### Remerciements

Nous tenons à remercier le Groupe Chimique Tunisien (Usine de Sfax) et en particulier Mr. Fourati Amine Directeur des recherches scientifiques au sein du Groupe Chimique Tunisien (Usine de Sfax), pour son aide à la réalisation de cetravail.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aubert G., (1982). Sols sodiques en Afrique du nord. In : Annales de l'Institut Agronomique El Harrach. N° : 82/7601402. Algérie. 185 – 196.
- Gorbunov A.V., Frontasyeva M.V., Gundorina S.F., Onischenko T.L. et Maksjuta B.B., (1992). Effect of agricultural use of phosphogypsum on trace elements in soils and vegetation. The Scienceof the Total Environment. Volume 122. 337-346.
- Groupe Chimique Tunisien (GCT)., (2006). Industrie phosphatière en Tunisie. Disponible sur Internet <[www.GCT.com.tn](http://www.GCT.com.tn)>
- Lutts, S., Lefèvre, I., Delpéré, C., Kivits, S., Dechamps, C., Robledo, A. et Correal, E., (2004). Heavy metal accumulation by the halophyte species Mediterranean saltbush. In: Journal Environmental Quality. Volume 33. 1271-1279.
- Ministère de l'environnement, (2003). Disponible sur Internet. <[www.environnement.nat.tn](http://www.environnement.nat.tn)>

- Mozafar, A. and Goodin, J.R., (1970). Vesiculated hairs: a mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus* L. In: *Plant Physiology*. Volume 4. 62-65.
- Mullins G. L. et Mitchell C. C. (1990). Wheat Forage Response to Tillage and Sulfur Applied as Phosphogypsum In: *Proceedings of the Third International Symposium on phosphogypsum*. Orlando. USA. Rapport FIPR Volume 1. N° 01-060-083. 361– 375.
- Nemec S., Gould A.B., Myhre D.L., (1990). Effects of phosphogypsum and other soil amendments on Citrus Growth, *Phytophthora* foot rot and soil microflora. In: *Proceedings of the Third International Symposium on phosphogypsum*. Orlando. USA. Rapport FIPR Volume 1. N° 01-060-083. pp: 310-330.
- Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo M., et Mvondo Z.A. (1992). *Manuel de laboratoire de pédologie: Méthodes d'analyse de sol et des plantes. Equipement, gestion des stocks de verreries et produits chimiques*. Publication agricole. AGCD, Bruxelles. 250.
- Remon E., (2006). Tolérance et accumulation des métaux lourds par la végétation spontanée des friches métallurgiques: vers de nouvelles méthodes de bio-dépollution. Thèse de Doctorat de l'université Jean Monnet : Faculté des sciences et techniques. Saint Etienne. France. 166.
- Sfar Felfoul H., Clastres P., Carles-Gibergues A et Ben Ouezdou M., (2002). Propriétés et perspectives d'utilisation du phosphogypse ; l'exemple de la Tunisie. In: *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management*. Tunisie.510-520.

## Dynamique de l'azote minéral en région semi-aride sous semis direct et conventionnel : cas de Guern-Halfaya et ElKrib, Nord-ouest de la Tunisie

Khaoula Boudabbous<sup>1</sup>, Nadhira Ben Aissa<sup>2</sup>, Imene Jemai<sup>2</sup>, Moncef Ben Hammouda<sup>3</sup>, Halim Ben Haj Salah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut National Agronomique de Tunisie-43, avenue Charle Nicole 1082-Tunis Mahrajene-Tunisie

<sup>2</sup>Faculté des sciences de Tunis-Campus Universitaire-1060, Tunis-Tunisie

<sup>3</sup>Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef, Tunisie

Email : Khaoula\_boudabbous@yahoo.fr

### RESUME

Le passage du labour profond au semis direct induit des modifications dans la structure du sol et la localisation de la matière organique et des résidus de culture ce qui entraîne des modifications dans certaines propriétés biologique, chimique et physiques du sol. La propriété fertilisante des sols constitue une des attentes du semis-direct. L'objectif de ce travail a donc été d'étudier sur une saison culturale la dynamique de l'azote minéral au cours de la saison culturale 2008/2009 par l'adoption de différentes techniques de travail du sol, semis conventionnel (SC) et semis direct (SD) et la rotation de culture en condition méditerranéens semi-aride dans deux sites différents au Nord Ouest de la Tunisie . Des prélèvements mensuels ont été effectués sur trois profondeurs [(0-10, 10-20 et 20-40 cm)], moyennant trois répétitions. Pour le site Guern Halfaya, les résultats ont révélé des différences significatives d'une part, pour l'évolution des teneurs en Azote minéral(Nm) en fonction du temps et ce qui pour les cinq systèmes de culture, au niveau des trois profondeurs considérées, d'autre part, entre les cinq systèmes au niveau des profondeurs 10-20 cm et 20-40 cm. En comparant le mode de travail du sol, pour les deux types de rotations, on constate qu'en début de saison, le semis conventionnel fournit plus d'azote minéral que le semis direct, à toutes les profondeurs. Pour le site Elkrib les résultats ont montré une différence significative entre les deux traitements ( $p < 0.001$ ) et ce uniquement pour le niveau 0-10 cm et d'autre part, entre les deux pratiques en fonction du temps ( $p < 0.05$ ). En comparant l'effet de la pratique culturale sur l'évolution de Nm on constate que le semis direct permet d'avoir plus de Nm en début saison surtout à la surface.

**Mots clés :** Azote minéral, Semis direct, Semis conventionnel, Tunisie

### SUMMARY

The passage of deep plowing tillage induced changes in soil structure and the location of the organic matter and crop residues which may causes some modification in certain biological, chemical and physical soil properties. Fertilizing land ownership is one of the expectations-direct seeding. The aim of this study was to investigate a season cultural dynamics of mineral nitrogen during the growing season 2008/2009 by the adoption of different techniques tillage, conventional sowing (SC) and direct seeding (SD) and crop rotation in semi-arid Mediterranean conditions in two different sites in northwestern Tunisia. Monthly samples were taken at three depths [(0-10, 10-20 and 20-40 cm)], with three replicates. For Guern Halfaya site, the results showed significant differences firstly, for the evolution of mineral nitrogen content (Nm) over time and for the five cropping systems at three depths considered on the other hand, among the five systems at 10-20 cm deep and 20-40 cm. Comparing the mode of cultivation, for both types of rotations, we find that early in the season, conventional planting provides more mineral nitrogen as direct seeding, at all depths. For Elkrib site the results showed a significant difference between treatments ( $p < 0.001$ ) and only for the level 0-10 cm and the other, between the two practices over time ( $p < 0.05$ ). By comparing the effect of cropping practices on the evolution of Nm shows that direct seeding allows for more Nm early season especially on the surface.

**Keywords:** Mineral Nitrogen, direct sowing, conventional sowing, Tunisia

### 1. INTRODUCTION

L'azote dans le sol se trouve principalement sous forme organique et doit être minéralisé par les micro-organismes du sol avant de devenir biodisponible (Valé, 2006). On considère que l'azote organique représente 98% de l'azote total des sols il varie beaucoup suivants les régions et les types de sol (Scherer, 1993). L'azote inorganique du sol constitue la fraction disponible pour les cultures. Le sol en contient rarement plus de 10% d'azote inorganique total (Scheiner, 2005). Dans le sol, l'azote

minéral se présente généralement sous la forme de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), qui sont très mobiles et qui peuvent facilement être lixiviés avec les eaux de percolation, notamment pendant la saison pluviale (Spiess, 2005). L'azote ammoniacal est peu assimilé par les végétaux mais sert de nutriment aux microorganismes du sol. Par contre, étant chargé positivement, il a la capacité de se lier avec les argiles ou la matière organique. L'azote ammoniacal est donc très peu lixivié par les eaux de pluie par rapport aux nitrates il est successible d'être nitrifié par les bactéries du sol (Cahurel, 2007). Plusieurs facteurs peuvent influencer la minéralisation de l'azote telle que la matière organique (N'Dayegamiye et al., 1997), l'humidité et la température du sol, la texture du sol et la porosité (Sbih et al., 2002). Les travaux sur l'effet des techniques de travail de sol sur les niveaux de l'azote minéral au cours de l'année donnent des résultats parfois divergents. Langlet et Remy (1976) ont montré que dans la plupart du temps, au cours du cycle cultural, les niveaux d'azote minéral sont semblables dans les sols labourés ou en SD, voire quelquefois supérieurs en fin d'hiver dans les sols en SD (Monnier et al., 1991).

Pekrun et al. (2003), dans leur synthèse bibliographique, rapportent que dans certaines situations, l'accumulation de la matière organique en surface s'accompagne de sa diminution en profondeur. Cette stratification de la matière organique résulte principalement du maintien d'une quantité élevée de résidus à la surface d'un sol non travaillé (Rasmussen, 1999). Doran (1980) a révélé qu'il y a une plus grande capacité de réorganisation dans les horizons de surface des sols non labourés : une plus forte population microbienne, un niveau plus élevé d'azote inclus dans la biomasse microbienne (Carter et Rennie., 1984). Les travaux de l'équipe de Thomas et al. (1981) ont observé des fuites de nitrate nettement plus importantes en que sous labour ; cette augmentation de transfert est attribuée à une plus grande infiltration d'eau en système de non labour. Si des études rapportent que le lessivage des nitrates peut être réduit lorsque le sol n'est plus travaillé (Power et Peterson, 1998), d'autres études concluent qu'il peut être accentué (Sharpley et Smith, 1994 ; Catt et al. 2000) ou non modifié. L'objectif de ce travail, est de dégager l'effet du non labour, ou SD, avec résidus de cultures dans le site de Garn Halfaya, et sans résidus dans le site d'El Krib, sur la dynamique in situ d'un principal élément nutritif : l'azote.

## 2 .MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Description du site et du sol

Le site de Guern Halfaya appartient à l'étage bioclimatique semi-aride inférieur avec une pluviométrie annuelle très aléatoire et généralement inférieure à 300 mm. Cette région est connue par la fréquence des précipitations sous formes de grêles au printemps. La saison culturale 2008/2009 a été particulièrement pluvieuse, on a enregistré 406,2 mm de pluie de septembre à mai, mois au cours duquel toute la récolte a été endommagée par la grêle, avec la présence d'une croute gypseuse à une profondeur de 50cm, la région de Guern Halfaya est exploitée pour les grandes cultures en pluvial qui sont représentées généralement par l'orge. Concernant le site Elkrib qui appartient à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur on a enregistré une pluviométrie qui a varié de 281,9 mm/an à 610,0 mm/an entre 2000 et 2008. L'année agricole 2008/2009 a été particulièrement pluvieuse, entre le mois de septembre 2008 et le mois de mai 2009. Le site a reçu 929 mm de pluie.

Les sols de site Guern Halfaya sont des sols d'apport minéraux bruts, leurs profondeur ne dépasse pas 50cm au delà, c'est la croute gypseuse qui apparaît. Comme le montre le tableau 1, ils sont limono-argileux, les teneurs en carbone organique sont faibles et toutes inférieures à 1%. Toutefois, on constate des teneurs plus élevées en semis direct et jachère par rapport au semis conventionnel (Tableaux 1a, b et c). Concernant le site d'Elkrib le sol utilisé est un sol peu évolué d'apport alluvial, à texture sablo-limoneuse, totalement décarbonaté. Les teneurs en matière organique, représentée par le carbone et l'azote organiques, sont très faibles. Contrairement au site de Guern Halfaya, c'est la parcelle en semi conventionnel qui est plus riche en carbone (Tableau 1c).

**Tableau 1.** Les caractéristiques physico-chimiques du sol des sites Guern Halfaya (O/S (a), O/O(b), jachère (c)) et Elkrib(d)

Traitements	0-10 cm		10-20 cm		20-40 cm	
	SD	SC	SD	SC	SD	SC
	Norgt %	0.13	0.13	0.11	0.12	0.1176
C %	0.69	0.60	0.75	0.50	0.70	0.55
C/N	5.13	4.46	6.69	4.15	5.95	5.61
pH	7.50	7.40	7.73	7.60	7.87	7.70
A %	20.0	22.5	20.5	21.0	20.0	24.0
L %	57.0	52.0	53.5	58.0	54.5	53.5
S %	17.7	16.6	17.9	17.7	18.3	17.6
Da	1.57	1.57	1.44	1.50	1.46	1.82

Traitements	0-10 cm		10-20 cm		20-40 cm	
	SD	SC	SD	SC	SD	SC
	Norgt %	0.14	0.14	0.12	0.13	0.12
C %	0.74	0.57	0.6	0.73	0.72	0.70
C/N	5,08	3,91	4,76	5,32	5,71	6,17
pH	7.12	7.28	7.51	7.28	7.72	7.42
A %	42.3	33.8	45.0	49	46	50
L %	51.2	36.8	41.0	31.0	50.5	45.5
S %	11.8	25.0	10.0	16.2	9.8	1.0
Da	1.31	1.46	1.64	1.52	1.61	1.40

Traitements	0-10 cm		10-20 cm		20-40 cm	
	SD	SC	SD	SC	SD	SC
	Norgt %	0.08		0.10		0.09
C %	0.71		0.60		0.67	
C/N	6.36		7.24		7.14	
Ph	7.62		7.81		8.04	
A %	40.7		50.0		61.0	
L %	40.3		32.0		32.5	
S %	13.3		12.3		7.60	
Da	1.72		1.51		1.60	

Traitements	0-10 cm		10-20 cm		20-40 cm	
	SD	SC	SD	SC	SD	SC
	Norgt %	0.03	0.14	0.06	0.03	0.053
C %	0.54	0.90	0.50	0.56	0.36	0.53
C/N	16.87	6.42	7.57	16.47	6.79	16.56
pH	6.46	6.20	6.40	6.75	6.76	6.70
Da	1.705	3.38	1.695	1.71	1.69	1.765
A %	5.76	22,69	16,53	17,30	14,23	15,38
L %	2.30	36,92	1,92	3,84	4,69	6,15
S %	36.93	66,07	66,63	71,73	63,13	71,63

## 2.2. Echantillonnage et analyses

Après le semis une série de collecte des échantillons a été conduite au niveau de la profondeur de 0-10 cm, 10-20 et 20-40 cm, Le dernier prélèvement a été réalisé après la récolte. Après les prélèvements, les échantillons du sol prélevés ont été séchés à l'air, broyés et tamisés à 2mm. Le dosage du carbone total est déterminé par pyrolyse oxydative à 950 C° à l'aide d'un carmographe sur des échantillons broyés fins préalablement décarbonaté. L'azote total a été déterminé par la méthode de KJELDAHAL sur des échantillons broyés fins en milieu. L'azote minéral est obtenu par extraction à l'aide d'une solution de KCl 1M sur un sol frais.

## 2.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel *Statistica*, Le test statistique utilisé est celui de HSD Tukey avec un seuil de significativité de 5%.

## 3. RESULTATS

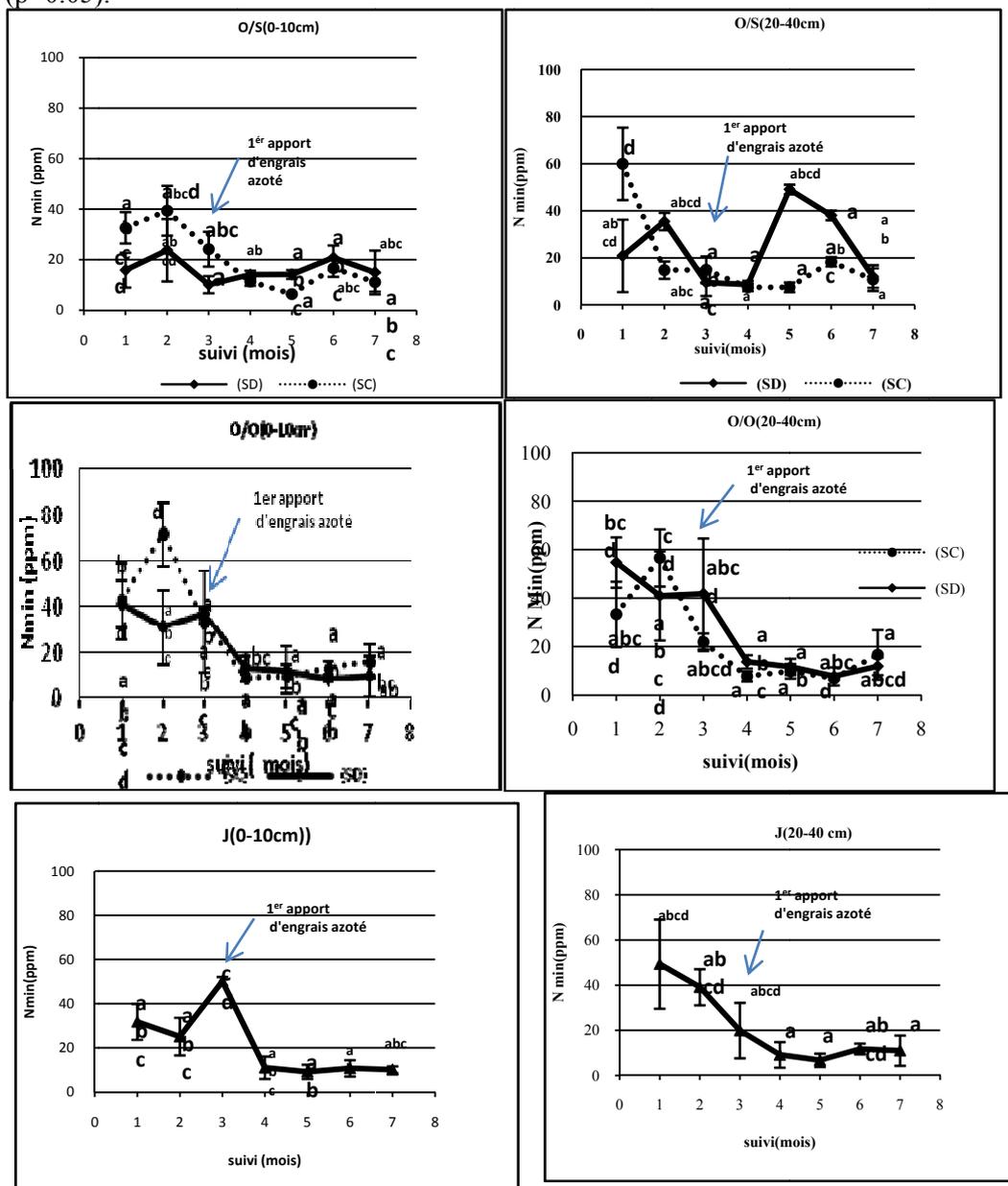
### 3.1. Evolution de l'azote minéral

En comparant le mode de travail du sol du site Guern Halfay, pour les deux types de rotations, on constate qu'en début de saison, le SC fournit plus d'azote minéral que le SD, à toutes les profondeurs, cette situation s'inverse en milieu de la période de suivi, à la fin nous enregistrons les mêmes quantités de Nm pour tous les traitements et au niveau des trois profondeurs. Le système jachère voit son Nm diminuer tout le long de la période de suivi, les teneurs les plus importantes ont été enregistrées dans les niveaux 10-20 cm et 20-40 cm (Figure 3.2). Du mois d'octobre jusqu'au mois de février, ce sont la rotation O/O et le système jachère qui sont les mieux fournis en Nm au niveau de la profondeur 10-20 cm. Pour les deux rotations (O/O et O/S. En comparant les teneurs enregistrées, on constate qu'en surface et à la fin du suivi (Fig. 1), le SD O/O, fournit plus de Nm qu'au niveau de la parcelle en SC (Fig. 1). Cette tendance s'inverse avec la rotation O/S.

L'analyse statistique a révélé des différences significatives d'une part, pour l'évolution des teneurs en Nm en fonction du temps et ce pour les cinq systèmes de culture, au niveau des deux profondeurs considérées, d'autre part, entre les cinq systèmes au niveau des profondeurs 10-20 cm et 20-40 cm (Fig. 2).

Pour le site Elkrib, au début du suivi, l'azote minéral était présenté par ses deux formes nitrique et ammoniacale. A partir du troisième prélèvement et jusqu'à la fin du suivi, on a noté une absence totale de l'azote nitrique. Comme le montre la figure 1 les quantités les plus importantes ont été enregistrées au début de la saison culturale. En comparant l'effet de la pratique culturale sur l'évolution de Nm, on constate que le SD permet d'avoir plus de Nm, au début de saison, surtout en surface. A partir de la troisième date, les deux pratiques se rejoignent et livrent des quantités presque équivalentes (Figures 1 et 2).

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les deux traitements ( $p < 0.001$ ) et ce uniquement pour le niveau 0-10 cm et d'autre part, entre les deux pratiques en fonction du temps ( $p < 0.05$ ).



**Figure 1.** Dynamique de l'azote minéral des sols du Guern Halfaya au niveau des profondeurs 0-10cm et 20-40 cm. (1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 sont les dates de prélèvements allons du mois octobre jusqu'à mois de juillet, les valeurs ayant les mêmes lettres désignent les mêmes groupes. et de lettres différentes désignent des groupes différents).

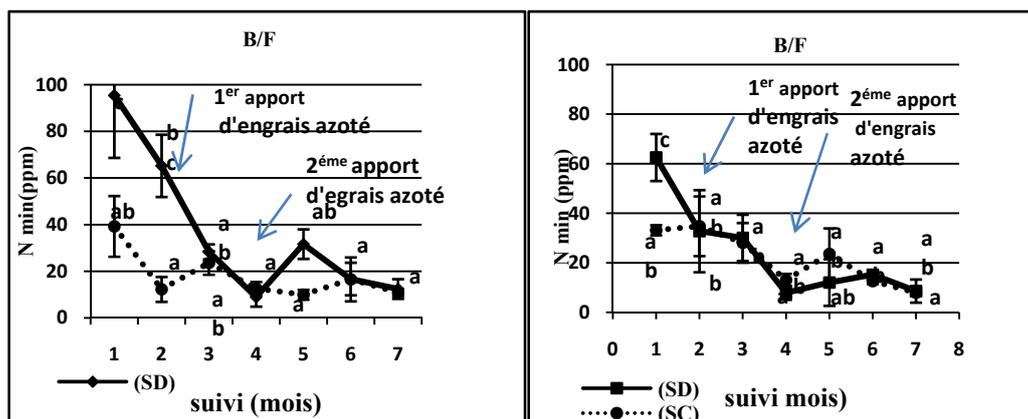


Figure 2. Dynamique de l'azote minéral des sols de site ElKrib au niveau des profondeurs 0-10cm et 20-40 cm (1, 2,3, 4, 5,6 et 7 sont les dates de prélèvements allons du mois octobre jusqu'à mois de juillet, les valeurs ayant les mêmes lettres désignent les mêmes groupes. et de lettres différent désignent des groupes différents).

### 3.2. Cinétique de la minéralisation de l'azote

L'azote cumulé minéralisé au cours du suivi est décrit par le modèle de premier ordre  $N_m = N_0 (1 - e^{-kt})$  (Quemado et Cabrera, 1995).  $N_m$  est le taux cumulé de l'azote minéralisé au temps (t),  $N_0$  le potentiel de minéralisation et  $k$  la constante de premier ordre.

Concernant le site Guern Halfaya, le traitement des résultats obtenus montre des potentiels de minéralisation ( $N_0$ ) faibles qui ne dépassent pas 40mg/kg pour le niveau 0-10 cm, tout système confondu (Tableau 2).  $N_0$  le plus important à été obtenu en SD avec O/O et il correspond à la vitesse de minéralisation la plus faible (Tab.2.). Il faut noter que les coefficients de déterminations ( $r$ ) restent faibles et ne dépassent pas 0.69. La vitesse de minéralisation ( $N_0.K$ ), qui donne une indication sur le pouvoir de minéralisation du sol, est très faible pour les deux systèmes de culture. L'évolution moyenne de l'azote minéralisé en fonction du temps, représentée par les figure est linéaire du type :

$$y = ax + b$$

$y$  = la quantité minéralisée durant le temps

$a$  = la quantité minéralisée à l'instant t.

Comme les courbes obtenues sont linéaires, l'accroissement moyen est équivalent à l'accroissement instantané qui est égal à « a » et est assimilé à la vitesse de minéralisation. La cinétique de minéralisation in situ est fortement corrélée au temps, en effet,  $R^2$  obtenus avec les courbes de tendance sont tous supérieurs à 0.88 (Fig.3 et Fig.4). Les courbes indiquent que la minéralisation est continue dans le temps à des vitesses presque constantes.

Tableau 2. Cinétique de la minéralisation de l'azote des sols fertilisés des sites Guern Halfaya au niveau des profondeurs 0-10,10-20 et 20-40 cm.

0-10 cm					
Rotation	O/S		O/O		J
Traitements	SD	SC	SD	SC	
r	0.54		0.16	0.24	0.23
$N_0$ (mg/kg)	18		200	29	23
$K (10^{-2})$	12.9		$3.10^{-2}$	10.9	32.9
$N_0.K$ (mg/kg/m)	2.32		$6.10^{-2}$	3.16	736
10-20cm					
Rotation	O/S		O/O		J
Traitements	SD	SC	SD	SC	
r		0	0.74	0.46	0.42
$N_0$ (mg/kg)		20	64	31	194
$K (10^{-2})$		13.9	$3.10^{-6}$	$2.10^{-8.7}$	$3.10^{-3}$
$N_0 K$ (mg/kg/m)		2.78	$192.10^{-6}$	$62.10^{-8.7}$	$5.82.10^{-3}$

20-40cm					
Rotation	O/S		O/O		J
Traitements	SD	SC	SD	SC	
r	0.54	0.38	0.46	0.6	$0.02 \cdot 10^{-5}$
N <sub>0</sub> (mg/kg)	24	187	21	191	22
K (10 <sup>-2</sup> )	100	3.10 <sup>-3</sup>	55.4	3.10 <sup>-2</sup>	39.1
N <sub>0</sub> .K (mg/kg/m)	24	5.61.10 <sup>-3</sup>	11.63	5.73.10 <sup>-2</sup>	8.60

Tableau 3. Cinétique de la minéralisation de l'azote minéral des sol fertilisé de site ElKrib des profondeurs 0-10, 10-20 et 20-40 cm.

Horizons	B/F					
	0-10 cm		10-20 cm		20-40 cm	
Traitements	SD	SC	SD	SC	SD	SC
r	0.54	0.55	0.17	0.61	0.13	0.29
N <sub>0</sub> (mg/kg)	36	17	62	20	25	22
K (10 <sup>-2</sup> )	76.1	66.5	3.10 <sup>-8</sup>	100	18.6	33.7
N <sub>0</sub> .K(mg/kg/m)	27.39	11.30	186.10 <sup>-10</sup>	20	4.65	7.41

En comparant les vitesses de minéralisation obtenues par le modèle ( $N_m = N_0 (1 - e^{-kt})$ ) et celles obtenues par les courbes (Fig.3), on constate que pour tous les systèmes les secondes sont largement supérieures aux premières qui sont proches des moyennes de  $N_m$  obtenues tout le long du suivi. L'effet des deux pratiques culturales sur l'évolution de  $N_m$  est illustré par la figure 3. Cette figure montre qu'à la surface le SD fournit presque 100 ppm de plus que le SC tout le long du suivi. Les vitesses de minéralisation déduites des courbes sont supérieures à celles obtenues par le modèle. Toutefois, elles sont inférieures aux moyennes de  $N_m$  obtenues tout le long du suivi.

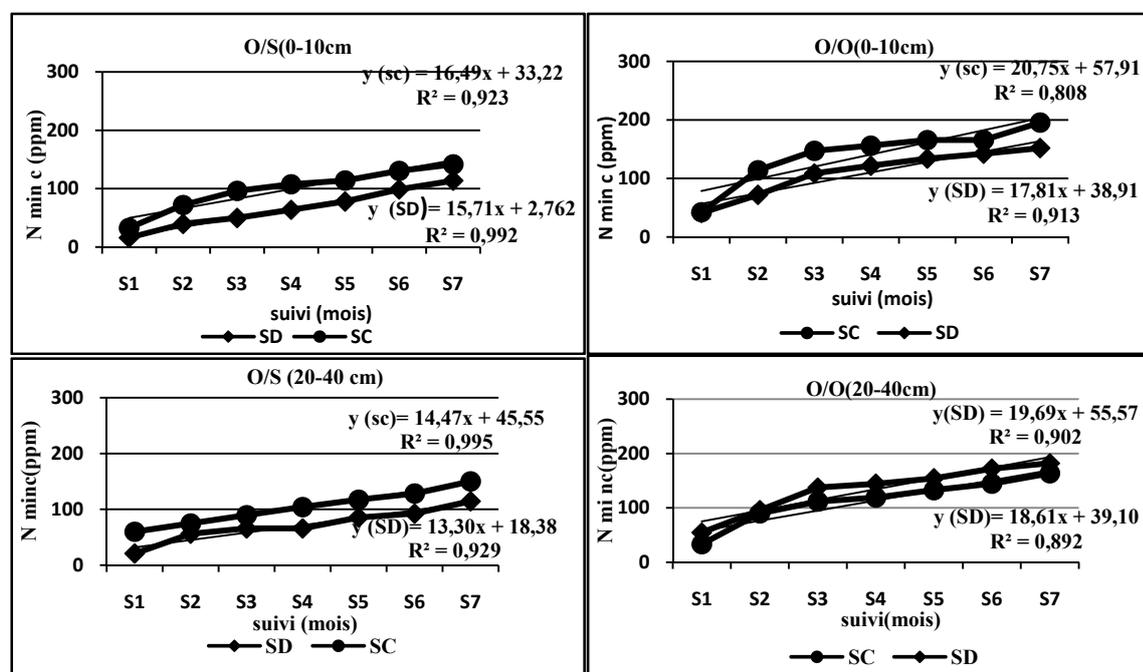


Figure 3. Emission moyenne de l'azote minéral des sols fertilisés au niveau des sols de site Guern Halfaya des profondeurs 0-10 et 20-40cm. L'équation de la régression, la courbe de tendance et  $R^2$  ont été présentés.

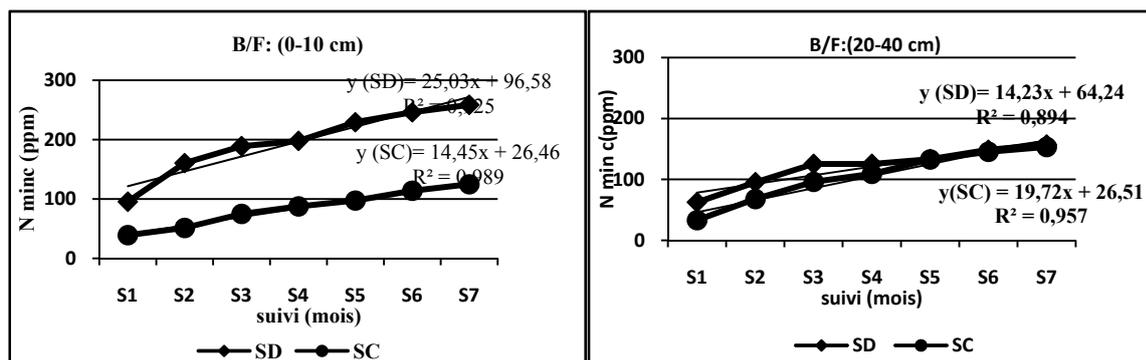


Figure 4. Emission moyenne de l'azote minéral des sols fertilisés au niveau des sols de site ElKrib des profondeurs 0-10 et 20-40cm. L'équation de la régression, la courbe de tendance et R<sup>2</sup> ont été présentés.

#### 4. DISCUSSION

L'absence de la forme nitrique à partir du troisième prélèvement peut être attribuée à plusieurs facteurs, telle que la forte mobilité des ions nitrates en présence d'eau (Nosshi et al., 2007), c'est le cas du site d'Elkrib qui a reçu 929 mm en neuf mois, est qui présente une texture sableuse très filtrante. A Garn Halfaya c'est plutôt l'hydromorphie qui explique l'absence des nitrates, En effet, avec une texture limono-argileuse et une pluviométrie abondante la nitrification, qui est aérobie stricte, se trouve totalement inhibée (Stengee et al., 1998), sans oublier le fait que Nm et préférentiellement absorbé par les plantes sous sa forme nitrique. Au début de leur cycle, les plantes absorbent de faibles quantités de Nm ce qui entraîne son augmentation dans les sols (Thomson et al., 2006). En plus les faibles températures freinent la minéralisation qui atteint son optimum à partir de 25°C (Kirschbaum, 2007) à 35°C (Bonde et Rosswall, 1987). La chute de Nm observé au niveau des deux sites à partir du quatrième prélèvement, en plus des facteurs climatiques, serait due au fait qu'au dessous d'un seuil de 17 ppm le Nm dans le sol devient un facteur limitant pour la minéralisation (Bertrand et al., 2007), les taux enregistrés à partir de cette période sont très faibles et tous au dessous de 17 ppm, cette observation est confirmée par les faibles vitesses de minéralisation fournies par le modèle. Au niveau de site de Garn Halfaya on a observé des taux de Nm plus importants en SC qu'on SD en surface au début de suivi, ce résultat rejoint celui présenté par Thomson et al. (2006) qui ont montré qu'au niveau des sols limoneux, le niveau de Nm augmente rapidement après le labour. Contrairement à ce qui a été observé au niveau de Garn Halfaya, à El Krib c'est le SD qui fournit plus de Nm en surface. En travaillant sur des sols de texture différente Oorts et al, (2006) ont montré qu'avec une texture sableuse le SD fournit plus de Nm que le SC au surface, cette tendance s'inverse en profondeur.

#### 5. CONCLUSION

Les résultats obtenus révèlent une variabilité spatiale et temporelle importante largement influencée par les caractéristiques pédologiques de chaque site et les conditions climatiques. En effet, l'absence des nitrates à partir du troisième prélèvement est à associer essentiellement à la texture des deux sites. A Garn Halfaya c'est la fraction argilo-limoneuse qui domine et qui est à l'origine d'une hydromorphie bloquant ainsi la nitrification. Inversement, au niveau du site d'El Krib l'absence des nitrates serait due à une forte lixiviation associée à la forte présence de la fraction sableuse. L'effet des pratiques culturales sur l'émission de l'azote minéral serait lui aussi orienté par la texture du sol. Avec une texture fine, le SC a favorisé la minéralisation de l'azote (cas de Garn Halfaya). Alors qu'en présence d'une texture grossière c'est le SD qui fournit plus d'azote (Cas d'El Krib). Toutefois, les teneurs obtenues restent très faibles pour les deux sites même avec une fertilisation azotée. Deux principaux facteurs y ont contribué à savoir les faibles taux de la matière organique et les quantités de pluies exceptionnelles enregistrées pendant la période de suivi.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-Bertrand I., Delfosse O., Mary Bruno., (2007). Carbon and nitrogen mineralization in acidic ; limed and calcareous agricultural : Apparent and actual effects. Soil Biology et Biochemistry (39) :276-288.

- Bonde T A., Rosswall T. (1987). Seasonal variation of mineralizable nitrogen in four cropping systems. *Soil Sci. Soc. A J.51*: 1508-1514
- Carter M.R., Rennie D.A., (1984). Dynamics of soil microbial biomass N under zero and shallow tillage for spring wheat using <sup>15</sup>N urea. *Plant Soil* (76): 157-164
- Cahurel J Y., (2007). Fertilisation de la vigne. France, 320p.
- Doran J. W., (1980). Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of America Journal* (44): 765-77.
- Keirchbaum M.F., (2007). The temperature dependence of organic matter decomposition-still a topic of debate. *Soil biology and biochemistry*. 38 pp: 2510-2518.
- Langlet B., Rémy J C., (1976). Incidence de la simplification du travail du sol sur la dynamique de l'azote. p 189-204. In *simplification de travail du sol en production céréalière*, ITCF(Ed), Paris
- Monnier G., Thevenet G., Lesaffre B., (1991). Simplification du travail du sol, INRA. Paris. Vol. 65
- N'Dayegamiye, A., M. Goulet et M. Lvardière. 1997. *Can. J. Soil Sci* (77) : 351-358.
- Oorts, K., (2006). Effect of tillage systems on soil organic matter and N fluxes in cereal cropping systems on a silt soil in Northern France. Thèse de doctorat, institut National Agronomique de Paris Grignon, France: 172p.
- Pekrun, C., Kaul, H.-P. & Claupein, W. (2003). Soil tillage for sustainable nutrient management. In El Titi, A. (ed.), *Soil tillage in agroecosystems*, CRC Press, New-York (USA), pp. 83-113
- Power, J. F., Peterson, G. A. (1998). Nitrogen transformations, utilization, and conservation as affected by fallow tillage method. *Soil and Tillage Research* (49): 37-47.
- Rasmussen, K. J. (1999). Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil and Tillage Research*, 53, 3-14.
- Sbih M., A.N'Dayegamiye., Karam A., (2002). *Can. J. Soil*. (83) :25-33.
- Scherer, H.W. 1993. Dynamics and availability of the non-exchangeable NH<sub>4</sub>-H-a review *European Journal of Agronomy*, vol 2, pages 149-160.
- Scheiner J D., (2005). Spéciation du Carbone, de l'Azote et du Phosphore de différentes boues de stations d'épuration au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol, Thèse de doctorat, 20-24p.
- Sharpley A. N. Smith, S. J. (1994). Wheat tillage and water quality in the Southern Plains. *Soil and Tillage Research* (30): 33-48.
- Spiess E., Walter Richner, Agroscope FAL Reckenholz, Reckenholzstr. (2005). CH-8046 Zürich Les cahiers de la FAL (57),
- Stengel P., Gelin., Coord S. (1998). *Soil: interface fragile*. INRA, Paris: 325p.
- Thomas G.W., Wells K.L., Murdock L. (1981). Fertilisation and limiting. In R.E. Philips et al. (Eds) *No tillage research reports and review*. Univ KY. Lexington. Ky.
- Thomsen I K., Sorensen P., (2006). Tillage-induced N mineralization and N uptake in winter wheat on a coarse sandy loam. *Soil and Tillage Research* (89):58-69.
- Valé M.M., (2006). Quantification et prédiction de la minéralisation nette de l'azote du sol *in situ*, sous divers pédoclimats et systèmes de culture français. Thèse de Doctorat, Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries. Auzeville. 199p.

## Effet de trois doses d'azote et de la densité de plantation sur quelques paramètres de production de l'*Eleusine coracana* L. cultivée dans les oasis de Gabès

Khouloud bachar\*, Fawzi Ajari, Mansour Haddad, Abdennacer Ben khaled, Elhem Mansour, Mabrouka Abid and Ali Ferchichi

Laboratoire d'aridoculture et cultures oasisiennes, Institut des régions arides, 4119, Médenine, Tunisie

\*khouloud\_bachar@yahoo.fr

### RESUME

Un essai en plein champs a été réalisé pour étudier l'effet de l'espacement et de la fertilisation azotée sur la culture de l'éleusine (*Eleusine coracana* L.) cultivée dans l'oasis de Gabès. Les traitements consistaient en trois espacements entre les rangs (35, 50 and 60 cm) et trois doses d'azote (0, 75 and 150 g/m<sup>2</sup>). Les traitements ont été disposés dans un bloc aléatoire complet, avec trois répétitions.

Les résultats obtenus ont montré que l'azote a une influence significative sur les périodes végétatives et reproductives de l'éleusine. En effet, un excès ou un manque d'azote défavorisent sa croissance et sa production. La dose D2 a montré les performances agronomiques les plus élevées. L'espacement n'affecte pas la production, mais il affecte le nombre moyen de graines par inflorescence, bien que les valeurs les plus élevées ont été observées dans le deuxième espacement. L'effet de l'interaction entre la dose d'azote et l'espacement était significatif sur la production de biomasse fraîche de la partie aérienne et le nombre de grains.

**Mots clés:** *Eleusine coracana*, espacement, fertilisation azotée, rendement, nombre de grains.

### 1. INTRODUCTION

En Tunisie, les écosystèmes oasiens présentent une biodiversité très originale. Certaines espèces, telle que l'*Eleusine coracana* L., sont menacées par l'extinction malgré leur rôle important dans ces écosystèmes. En effet cette espèce est une graminée (céréale secondaire) annuelle, robuste tallant abondamment en touffes denses de 60 à 120 cm de haut (FAO, 1961 ; FAO, 1995) et qui a un enracinement remarquable à la fois par son pivot et par le reste du système racinaire. Elle peut donner jusqu'à 3 tonnes de grains par ha, 11 tonnes de matière sèche pour la végétation et 5 tonnes pour les racines, soit en total 19 tonnes.

Les cultivars d' *Eleusine coracana*, représentent un intérêt majeur dans les systèmes de Semis Direct, car, au delà de leur pouvoir restructurant exceptionnel, leur capacité à recharger le profil cultural en C et leur aptitude fourragère, elles fixent l'azote de l'air (Séguy, 2006), en effet Lucien Séguy la considère comme étant la seule graminée qui fixe l'azote de l'air (elle fixe des quantités d'azote substantielles (entre 50 et plus de 100 kg/ha) dans sa rhizosphère grâce à des bactéries libres (genres *Azotobacter*, *Bejerinckia*, *Azospirillum* ce qui explique sa couleur vert foncé permanente). Cette fixation d'azote est très variable suivant l'humidité, le type de sol, la fertilisation et la variété (Upadhyaya et al., 1984 et Weinhard et al., 1971), allant de 20 à 145 kg N/ha et pouvant atteindre 70 kg N/ha en quelques mois. Elle correspond en moyenne à environ 40 kg N/ha.

Sa production mondiale annuelle est de 4,5 millions de tonnes de graines, dont 2 millions de tonnes environ sont produits par l'Afrique (National Research Council, 1996). Elle est cultivée dans plus de 25 pays en Afrique (Est et Sud) et en Asie (Proche-Orient et Extrême-Orient), principalement pour le grain. Les principaux producteurs sont l'Ouganda, l'Inde, le Népal et la Chine (ICRISAT, 1997).

Depuis plusieurs années, cette espèce était considérée l'une des plus importantes cultures cultivée dans l'oasis de Gabès. Elle avait occupé une place importante dans le régime alimentaire des oasiens. Elle était utilisée pour la préparation de certains plats très populaires (polenta et couscous) et comme plante médicinale pour combattre certaines maladies infantiles dont les ascaris.

Cette espèce demeure très peu connue et non étudiée dans les conditions oasisiennes. En plus, certaines opérations culturales, notamment la densité de plantation et la fertilisation azotée, sont très peu étudiés dans ses conditions. L'objectif de ce travail est d'essayer d'aborder ce sujet qui a porté sur l'effet de trois doses d'azote et de la densité de plantation sur l'éleusine cultivée dans les oasis de Gabès.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour la réalisation de cet essai, est l'*Eleusine coracana* L.. Les semences de l'éleusine ont été collectées chez un agriculteur représentatif de l'oasis de Chenini.

### 2.2. Essai expérimental

L'essai a été réalisé dans la parcelle expérimentale de l'Institut des Régions Arides (IRA) de Chott Elfarik située dans l'oasis de Chenini qui est une oasis très représentative des oasis de Gabès.

Le semis des graines de l'éleusine a été réalisé le premier Février dans une planche de 4 m<sup>2</sup> de superficie dans un mini abri serre. La parcelle réservée pour l'expérience a été subdivisée en 27 planches (5 m<sup>2</sup> / planche). Les planches sont distribuées en 3 blocs à raison de 9 planches par bloc.

Il s'agit d'un essai en bloc aléatoire complet à deux facteurs: La densité de plantation et la fertilisation azotée: Pour cela 3 écartements entre les plants ont été étudiés. Un écartement témoin: 35 cm entre les lignes et entre deux plantes successives ; cet écartement est le plus utilisé dans les oasis de Gabès c'est pour cette raison qu'il a été proposé comme un écartement témoin. Un deuxième écartement de 50 cm et un troisième écartement de 60 cm. Pour ces trois écartements, le nombre total de plantes transplantées par planche est présenté dans le tableau suivant :

**Table.1.** Nombre total de plantes transplantées par écartement (cm) et par planche

	35/35	50/50	60/60
Nombre des plantes par planches	30	20	12
Total	270	180	108
% des plantes par rapport au control	100%	66%	40%

Trois doses d'azote ont été appliquées : 0, 750 et 1500 U d'azote / ha. Ce qui correspond à 0 ; 75 et 150 g/m<sup>2</sup>. Durant le cycle 3 apports ont été appliqués.

### 2.3. Observation et mesure

Les observations ont été réalisées sur trois plantes au milieu de chaque planche repérées dès le départ pour éviter l'effet bordure et favoriser la concurrence entre les plantes. Les observations ont porté sur les paramètres de production : le nombre de graines et les matières fraîche et sèche produites.

### 2.4. Analyse statistique

Le logiciel SPSS 18.0 a été utilisé pour comparer les moyennes obtenues dans les différents traitements. Une analyse de variance et une comparaison multiples des moyennes par le test LSD à 1% et 5 % ont été effectuées.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Influence des écartements et de la fertilisation azotée sur les parties aérienne et souterraines de l'éleusine

Les résultats dans le tableau 2 montrent que l'espacement n'a pas d'effet significatif sur les paramètres de production, alors que la dose d'azote a un effet significatif sur la biomasse fraîche et sèche des parties végétatives et n'a pas d'effets significatifs sur ceux des parties souterraines. L'interaction espacement et dose d'azote a un effet significatif sur le poids végétatif frais seulement.

**Tableau 2.** Résultats de l'effet espacement, de la dose d'azote et de leur interaction sur les paramètres de production de l'éleusine (poids frais et secs des parties végétative et racinaire)

Source	PVF		PRF		PVS		PRS	
	F	Sig	F	Sig	F	Sig	F	Sig
Espacement	1.610	0.207	0.495	0.612	1.267	0.288	0.810	0.449
Dose d'azote	6.673	0.002**	1.894	0.158	7.392	0.001**	1.420	0.248
Espacement*dose d'azote	2,760	0.034*	1.123	0.352	1.800	0.138	1.153	0.339

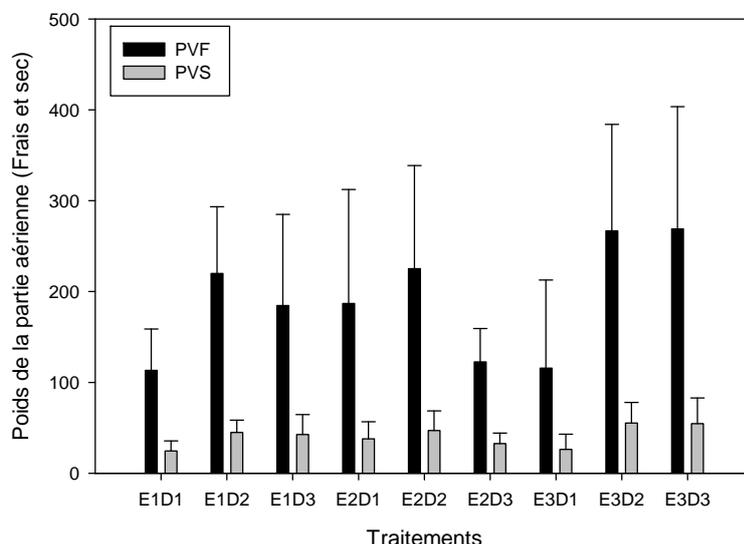
\*\* Signifiant à 1%, \* signifiant à 5%; PVF: Poids végétal frais; PRF: Poids racinaire frais ; PVS: Poids végétal sec et PRS: Poids racinaire sec

### 3.1.1. Influence des écartements et de la fertilisation azotée sur les matières fraîches et sèches aérienne produites

L'effet espacement et dose d'azote sur les matières fraîche et sèche produites dans la partie aérienne de l'éleusine sont présentés dans la figure 1 qui montre l'absence de différence significative dans le poids frais et sec de la partie aérienne de l'éleusine sous l'effet espacement. En effet, les moyennes enregistrées en absence d'azote (D1) par plante sont 113,5 ; 187,28 et 115,89 g pour le poids frais et 24,56 ; 38 et 26,5 g pour le poids sec, respectivement pour E1, E2 et E3.

Ceci est en accord avec les résultats reporté par Baker (1996) qui a mentionné que les espacements les plus petits induisent une meilleure production et un meilleur control des mauvaises herbes que les larges espacements.

Curran *et al.*, (1998) ont aussi signalé que la réduction de l'écartement entre les rangs des cultures, augmente la concurrence et leur capacité d'ombrage et améliore donc la gestion des mauvaises herbes.



**Figure 1.** Effet de l'espacement et de la dose d'azote sur les poids frais et sec produits par la partie aérienne de l'éleusine. La barre d'erreur représente l'écart type.

Séguy (2006) a signalé que, pour les régions où l'eau n'est pas un facteur limitant, le meilleur espacement entre les rangées, pour la culture du riz, était de 45 cm en culture pure. En fait, la meilleure interception de rayonnement est réglée à cette distance, ce qui est bénéfique à toutes les plantes. Les densités souhaitées (de 40.000 à 80.000 pieds par ha) sont alors obtenus en éliminant les plantes plus ou moins sur la ligne.

Par contre, la figure 1 montre un effet hautement significatif de la dose d'azote sur les poids frais et sec de la partie aérienne de l'éleusine. En fait, les moyennes enregistrées sous l'espacement control (S1) sont 220,11 ; 184,56 et 115,89 g pour le poids frais et 24,56 ; 45,22 et 43,06 g pour le poids sec

de la partie aérienne, respectivement pour D1, D2 et D3. Ceci n'est pas en accord avec les résultats trouvés par Mosseddaq et Moughli (1992) qui ont montré que l'augmentation de la biomasse fraîche de blé est proportionnelle à la dose d'azote.

Satyanarayan *et al.* (1985), Rao *et al.* (1986) et Pradhan *et al.* (2011) ont aussi mentionné que l'application de l'azote induit une augmentation en rendement du petit millet. Ceci est dû au fait que l'application de l'azote a induit une augmentation du nombre des thalles, le nombre de panicules et leur hauteur.

D'autre part, l'interaction entre l'espacement et la fertilisation était significative seulement sur le poids frais de la partie végétative de l'éleusine.

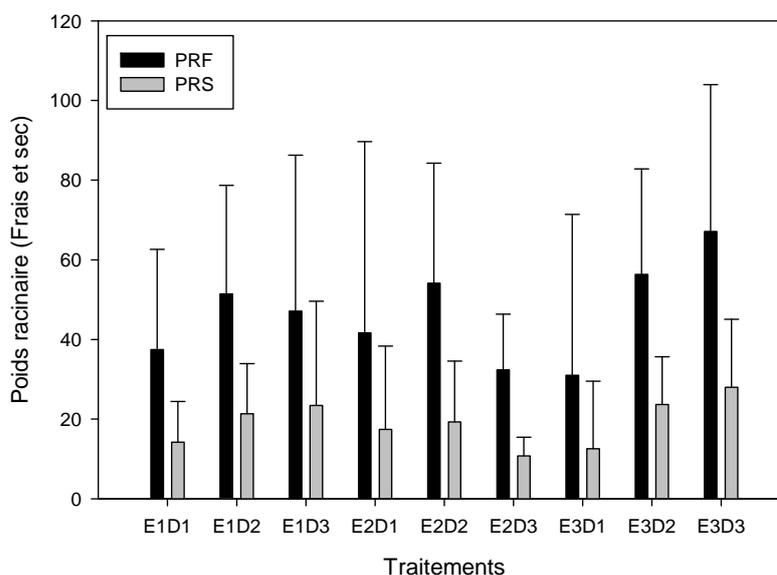
La figure montre que la biomasse aérienne fraîche la plus élevée a été enregistrée au niveau de l'interaction S3\*D3, avec 269,05 g et que S1\*D1, est l'interaction qui a mené au poids aérien frais le plus bas (113,5 g par plante).

Concernant le poids sec de la partie aérienne, il est à noter que la plus grande quantité de paille d'éleusine a été produite au niveau de l'interaction S3\*D2 avec un poids moyen de 55,39 g, alors que la quantité la plus faible était produite au niveau de l'interaction S1\*D1 avec 24,56 g par plante.

Husson *et al.* (2012) ont mentionné que la paille d'éleusine est un fourrage fibreux, de qualité moyenne, mais qui peut être utilisé en foin ou après ensilage. Il est donc possible d'utiliser une partie de la biomasse produite par l'éleusine pour l'alimentation du bétail.

### 3.1.2. Influence des écartements et de la fertilisation azotée sur les matières fraîches et sèches souterraines produites

La figure 2 montre l'effet de l'espacement et de la fertilisation azotée sur la partie souterraine de l'éleusine.



**Figure 2.** Effet de l'espacement et de la dose d'azote sur les poids frais et sec produits par la partie racinaire de l'éleusine. La barre d'erreur représente l'écart type.

Les résultats montrent que les trois traitements étudiés n'ont aucun effet significatif sur les poids frais et sec de la partie souterraine. D'abord, concernant l'effet espacement, les moyennes mesurées en absence de l'azote (D1) sont de 37,72; 41,89 et 31,33 g pour le poids frais et 14,5; 17,67 et 31,33 g pour le poids sec des racines, respectivement pour S1, S2 et S3.

Ensuite pour l'effet dose, les moyennes enregistrées dans l'espacement control (S1) sont de 37,72; 51,61 et 47,44 g pour le poids frais et 14,5, 21,39 et 23,67 g pour le poids sec des racines, respectivement pour D1, D2 et D3.

Ce résultat est en accord avec Lemaire (1975) qui a montré que la croissance racinaire de blé est beaucoup moins sensible à la nutrition azotée que celles des organes aériens.

En plus, l'interaction entre espacement et fertilisation illustré dans la figure 2 montre que les poids les plus élevés, frais (67,44 g) et sec (28,33 g) des racines ont été enregistrés dans l'interaction S3\*D3, alors que l'interaction qui a mené au poids frais le plus bas (31,33 g) est S3\*D1 est celle qui a mené au poids sec le plus bas, qui est de 11,05 g, est S2\*D3.

### 3.2. Influence des écartements et de la fertilisation azotée sur le nombre de grains par inflorescence

L'analyse de la variance du nombre de grains par inflorescence de l'éleusine obtenus est enregistrée dans le tableau 3. D'après les résultats trouvés, on remarque que ce paramètre a été positivement influencé par les trois effets étudiés.

**Tableau 3.** ANOVA results of the effect of spacing, Nitrogen dose and their interaction on the grain number of finger millet.

Source	Grain number	
	F	Sig
Spacing	4,257	0,018*
Nitrogen dose	14,4	0**
Spacing* nitrogen dose	2,656	0,04*

\*\* Significant at 1%, \* significant at 5%.

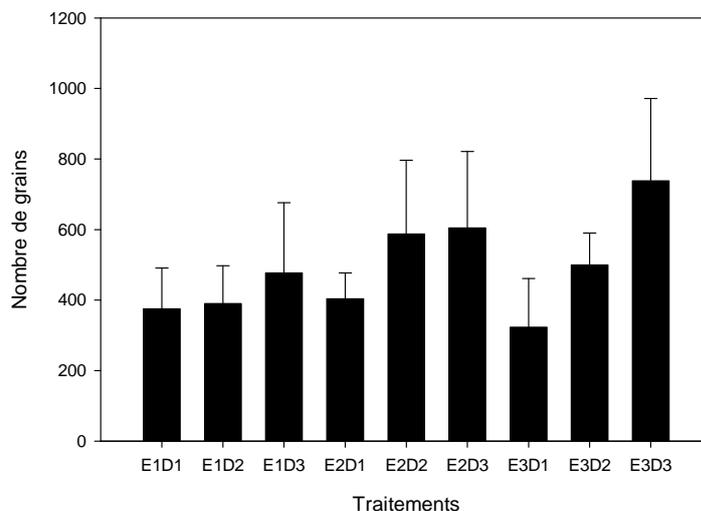
La dose d'azote a un effet hautement significatif sur le nombre de grains, En effet, les moyennes enregistrées (Figure 3) dans l'espacement control (S1) sont 375, 389,667 et 476,667 grains pour D1, D2 et D3 respectivement.

Le traitement témoin, sans azote affecte négativement ce paramètre puisque la valeur moyenne est 375 grains/inflorescence uniquement soit une baisse de 21,32 et 3,76 % respectivement par comparaison à D3 et D2. Ce résultat est en accord avec celui de Mosseddaq et .Moughli (1992) qui ont mentionné que l'augmentation de dose d'azote augmente le nombre des graines par épi de blé.

Muthuswamy (1985), Rao *et al.* (1986) ont aussi obtenu le maximum de rendement en grains en appliquant une dose d'azote de 40 to 60 Kg N/ ha sous des conditions pluviales. Halilat (2004) a aussi trouvé que le nombre de grains/épi du blé varie de façon hautement significative avec les doses d'azote apportées, il passe ainsi de 38.23 à 43.09 grains/épi de 150 à 250 U N/ha

L'espacement a un effet significatif sur le nombre de grains. En fait, les moyennes enregistrées en absence d'azote (D1) sont de 375, 403,556 et 322,889 grains respectivement pour S1, S2 et S3.

Nos résultats ne sont pas en accord avec ceux de Koscelny *et al.* (1990,1991) et ceux de Solie *et al.* (1991) qui disent qu'une réduction de l'écartement entre lesrangs a permis d'accroître les rendements en grain du blé. Pageau et Tremblay.(1996) ont aussi mentionné qu'une réduction de l'écartement entre les rangs a permis d'accroître les rendements en blé de 16 %.



**Figure 3.** Effet de l'espace et de la dose d'azote sur le nombre de grains par inflorescence de l'éleusine. La barre d'erreur représente l'écart type.

De la même manière, l'interaction entre l'espace et la fertilisation a un effet significatif sur le nombre de grains. Le nombre le plus élevé était enregistré pour l'interaction S3\*D3 avec 738,33 grains par inflorescence, alors que le nombre le plus bas était au niveau de l'interaction S3\*D1 avec 322,89 grains par inflorescence. Les autres valeurs étaient entre 375 et 604,89 grains par inflorescence. En effet, l'interaction entre les deux traitements pour la production grainières estimés a montré qu'en absence d'azote, le rendement serait sévèrement affecté, alors que la contribution de la dose D2 l'improuve considérablement, spécialement pour les traitements S1\*D2 et S2\*D2.

En plus, les résultats montrent que la nutrition minérale affecte directement le nombre d'inflorescence par plante. En effet, l'augmentation de la dose d'azote induit l'augmentation du taux de la fécondation et par la suite une augmentation du rendement en grains.

#### 4. CONCLUSION

La croissance des plantes, le développement et le rendement ultérieur sont influencés par les conditions environnementales dans lesquelles les plantes sont cultivées. La plupart des cultures sont pratiquées dans de mauvaises conditions environnementales et leur pleine productivité ne se réalise jamais. La faible fertilité des éléments nutritifs est l'une des plus grandes limitations à la production agricole. L'intérêt majeur de ce travail était l'étude de la réponse de l'éleusine envers la fertilisation azotée et différents espacements, pour nous aidez à mieux comprendre l'influence de l'environnement sur le rendement de la culture. Ceci sera d'un grand aide pour déterminer les pratiques agronomiques convenables. En effet, dans ce travail on a constaté que pour un rendement optimum, la meilleur dose d'azote était la dose D2 de 150g/ m<sup>2</sup> et le meilleur espacement était E2 de 50 cm.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baker RD. (1996). Millet production Guide. A. 414.
- Bogdan, H.V. (1976). Tropical pasture and fodder plants. Longman, Landon.
- Curran SW, Roth GW, Werner EL et Lingenfelter DL. (1998). Can Roundup- Ready and narrow rows improve post emergence weed control in corns? *Agronomy Gleanings*, 1, 98.
- FAO (1961). Semences agricoles et horticoles. Production, contrôle et distribution. Collection FAO : production végétales et protection des plantes N°12. Etudes agricoles de la FAO N°55. Rome 1961. 607 p.p.
- FAO (1995). Le sorgho et les mils dans la nutrition humaine (Collection FAO: Alimentation et nutrition, no 27)

- finger millet. (1986). Cereal nitrogen fixation. Proceedings of the Working Group Meeting, 9-12 Oct 1984, ICRISAT Center, India.
- Halilat MT. (2004). Effect of Potash and Nitrogen Fertilization on Wheat
- Husson O, Charpentier H, Michellon R, Razafintsalam H, Moussa N, Enjalric F, Naudin K, Rakotondramanana, Seguy L. (2012). Fiches techniques plantes de couverture : Légumineuses pérennes Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume III. Chapitre 3. § 3.2. Février 2012 .8pp.
- Icrisat (1997). Annual Report, 1996: International Centre for Agricultural Research in the Semi Arid Tropics.
- Koscelny JA, Peeper TF, Soli JB et Solomon. Jr SG. (1990). Effect of wheat (*Triticumaestivum*) row spacing, seeding rate, and cultivar on yield loss from cheat (*Bromussecalinus*). Weed Technol. 4: 487-492.
- Koscelny JA, Peeper TF, Soli JB et Solomon.Jr SG. (1991). Seeding date, seeding rate, and row spacing affect wheat (*Triticumaestivum*) and cheat (*Bromus secalinus*).Weed Technol. 5: 707-712.
- Lemaire G (1975). INRA. Ecophysiologie des Plantes Fourragères. 86600 Luisignan. Longman Scientific & Technical, Singapore, 389-413.
- Mosseddaq F et Moughli L. (1992). Bulletin réalisé à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, responsable de l'édition prof. Ahmed Bannouch.
- Muthuswamy P. (1985). Response of rainfed Ragi (*Eleusine coracana* L.) to N,P,K and split application of N. Madras Agriculture Journal 72(10): 541-542.
- National Research Council (1996) :Finger millet. In: Lost Crops of Africa: Volume I: Grains. National Academy Press, Washington, DC ,pp. 39-58.
- Pageau D. et Tremblay. GF. (1996). Effet de la dose de semis et de l'écartement entre les rangs sur l'interférence entre le *Chenopodium album* et le *Triticum aestivum*. Phytprotection, vol. 77, n° 3, 1996, p. 119-128.
- Pradhan A, Thakur A, Patel S et Mishra N. (2011). Effect of Different Nitrogen Levels on Little Millet (*Panicum sumatrense*) under Rainfed Conditions. *Research Journal of Agricultural Sciences* 2011, 2(1): 95-97
- Rao G P, Ramchandra Reddy M C, Ramchandra Reddy P and Ananda Rao M. (1986). Effect of shelter belt on response of finger millet to nitrogen. *Andhra Agricultural Journal* 33(1): 78-79.
- Reed CF. (1976). Information summaries on 1000 economic plants Tyspecti.
- Séguy L. (2006). Rapport de mission de Lucien Séguy a Madagascar du 19 mars au 8 avril 2006. Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar. MAEP/AFD/FFEM/CIRAD. 193 p.
- Solie JB, Solomon. Jr SG, Self KP, Peeper TF et Koscelny. JA. (1991). Reduced row spacing for improved wheat yields in weed-free and weed-infested fields. Trans. ASAE 34: 1654-1660.
- Stayanarayan V, Sharma M V and Sultana Fatima. (1985). Studies on the levels and time of nitrogen application on sunflower. *Madars Agriculture Journal* 72(12): 708-709. under Saharan Conditions. IPI regional workshop on Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa ; Rabat, Morocco, 24-28 November, 2004
- Upadhyaya MN, Hedge SV, Rai, PV, Wani SP. (1984). Root-associated nitrogen fixation in
- Weinhard P, Balandreau J, Rinaudo G et Dommergues Y. 1971. Fixation non symbiotique de l'azote dans la rhizosphère de quelques non-légumineuses tropicales. Rev. Ecol. Biol. Sol, 1971, T. VIII, 3, 367-373.



## Quelles perspectives pour la technique du semis direct dans la production des céréales (orge) en zones steppiques?

Kheyar Mohand Ouali

Ecole Nationale Supérieure Agronomique, ENSA, Hassen Badi El Harrach, Algérie

E-mail: [m.kheyar@ensa.dz](mailto:m.kheyar@ensa.dz)

### RESUME

En Algérie, les parcours steppiques représentent un écosystème très fragile avec des sols à faible fertilité. Pour la production de céréales (orge) en association avec l'élevage ovin, les agriculteurs ont recours à une utilisation abusive des outils à disques comme moyen de retournement et de brassage du sol. Très décriée, cette mécanisation incontrôlée du travail du sol accentue sa dégradation (Erosion hydrique et éolienne). Ce travail a pour objectif de tester la technique du semis direct comme alternative à la pratique en vigueur.

Des essais de terrains ont permis de comparer l'effet de deux types de traitements (semis direct et semis classique à la volée) sur les composantes du rendement. Les premiers résultats obtenus ont montré que les indices qualitatifs sont bien meilleurs en semis direct qu'en semis à la volée.

**Mots-clés** : zones steppiques, céréales, orge, travail du sol, semis direct, rendement.

### SUMMARY

In Algeria, the steppe rangelands represent a very fragile ecosystem with low soil fertility. For the production of cereals (barley) in association with sheep farming, farmers use a misuse of tools disks as a means of turning and mixing of soil. Highly criticized, this uncontrolled mechanized tillage increases its degradation (water and wind erosion). The objective of this work is to test the technique of direct seeding as an alternative to the current practice. Testing grounds were used to compare the effect of two types of treatments (tillage and conventional broadcast seeding) on yield components. The first results have shown that qualitative indicators are much better than no-till planting on the fly.

**Key words**: steppe areas, cereals, barley, tillage, direct seeding efficiency.

### 1. INTRODUCTION

Les parcours steppiques représentent un écosystème très fragile avec des sols à faible fertilité, exposés aux vents dominants (Bourbouze, 2000). Le défrichement et les labours (même si dans certains cas ils sont interdits) pour la production de céréales en association avec l'élevage ovin restent la principale activité économique d'une partie des habitants (Daoudi et al, 2013). Une extension rapide de moyens mécaniques de plus en plus puissants est remarquée (Nedjimi et Guit, 2012).

Le tracteur et le matériel d'accompagnement (outils aratoires) sont utilisés comme moyen de brassage et de retournement du sol. Ainsi le recours abusif à cette technique de travail, qui accentue la destruction de la structure du sol et la dilution de la matière organique (déjà limitée) est mise en cause car elle contribue à la dégradation physique (érosion hydrique et éolienne) (Nedjraoui et Bédrani, 2008). Quant au semis proprement dit, il est exécuté par un épandeur d'engrais centrifuge. Dans la plupart des cas, il consiste en la dispersion manuelle de la semence sur la surface du sol. Le recouvrement aléatoire des graines est obtenu dans les deux cas à l'aide d'outils à disques (charrue ou cover crop).

Une nouvelle technique de semis sans perturbation du sol visant l'amélioration de la production et la préservation de l'environnement largement utilisée à travers le monde (plus de 20 Millions d'hectares) a été testée avec succès en Algérie (Kheyar et al, 2011) : le système de semis direct. Ce dernier consiste à semer directement dans un sol qui n'est pas au préalable travaillé. Seul un petit sillon est ouvert avec un outil spécialement adapté : le semoir direct.

Ainsi, l'introduction du semis direct s'il venait à être adopté permettrait de tenir compte de la diversité du milieu producteur, de ses contraintes et du rôle assigné à l'association 'céréale-élevage ovin'. Il permettrait également la préservation efficace des ressources naturelles et de l'environnement, en particulier du phénomène de désertification.

Ce travail se propose de tester la viabilité de la technique de semis direct au niveau de ces régions steppiques et de vérifier dans quelles conditions devra-t-elle être mise en place pour assurer sa réussite?

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Localisation du site d'essai

L'essai a été mis en place au niveau de la commune de Hadj Méchri, (Laghouat). La zone d'étude est située dans la partie centrale de l'Atlas saharien (Fig. 1) à une altitude moyenne de 1200 m, elle reçoit une pluviométrie moyenne annuelle est 198 mm avec 57 jours de pluie (station météorologique d'Aflou). Les vents dominants et violents sont des vents du Nord durant la période hivernale (décembre janvier et février) et les vents du Sud (siroco) dans l'intervalle de juin à octobre. Le sol est de texture sableuse (Argile 10 %, Limon 14.95% et Sable 75.05%).

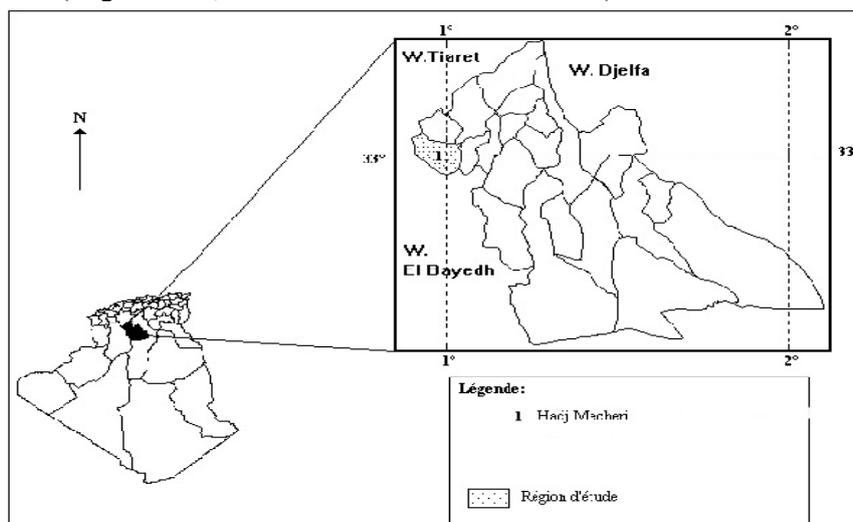


Figure 1. Localisation de la commune de Hadj Méchri.

### 2.2. Méthodologie

Le présent travail se propose de comparer en « conditions agriculteurs » c'est-à-dire sans désherbage chimique et sans apport d'engrais:

- le semis à la volée manuel (SV) c'est-à-dire la dispersion manuelle de la semence sur la surface du sol par un ouvrier 'qualifié', puis à recouvrir les graines à l'aide d'un outil à disque.
- le semis direct (SD) réalisé à l'aide d'un semoir direct combiné « SEMEATO SHM 13» équipé d'organes d'enterrage à disques.

Il s'agit, également, de définir une dose de semis adaptée aux conditions de la région.

Le matériel végétal utilisé est une orge de variété « Al baida » (PMG = 42 g ; faculté germinative = 66%).

Le dispositif expérimental adopté est un dispositif en blocs aléatoires complets à 2 facteurs et 3 répétitions sans contrôle d'hétérogénéité. La parcelle d'essais n'a pas été travaillée pendant trois ans (jachère) avec un taux d'infestation par les mauvaises herbes moyen. Pour estimer les principaux facteurs (paramètres qualitatifs du lit de semence et composantes du rendement), l'essai est suivi durant tout le cycle de développement végétatif de la plante.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Profondeur du semis

Les résultats de la profondeur moyenne de semis (distance verticale qui sépare chacune des graines de la surface du sol) sont repris sur la figure 2.

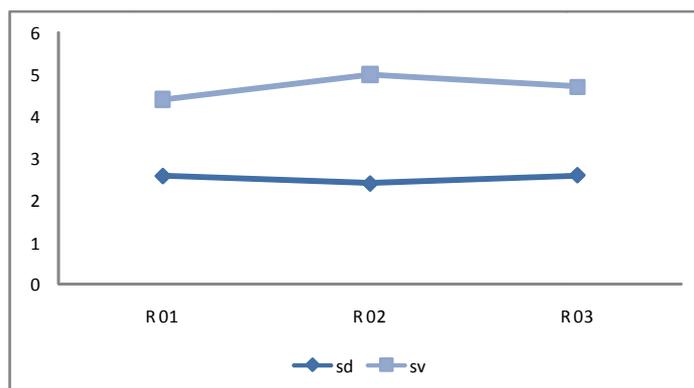


Figure 2. Variation de la profondeur de semis

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif ( $F=200,035$ ) de la technique de semis sur la profondeur. D'après les résultats, on remarque que la profondeur du semis à la volée, est sensiblement supérieure à 4 cm alors que celle du semis direct n'excède pas 3 cm, ceci peut être expliqué par une meilleure maîtrise de la profondeur de placement de la graine. Par contre en semis à la volée, le brassage du sol par le disque n'a pas permis de disposer les graines de manière régulière.

### 3.2. Taux de recouvrement des graines

Juste après le semis, nous avons dénombré les graines restées en surface par rapport aux graines enfouies à une certaine profondeur. Les résultats moyens obtenus en appliquant la relation qui suit, sont repris dans l'histogramme (Fig. 3)

$$TR(\%) = \frac{\text{Nombre de graines semées} - \text{Nombre de graines apparentes}}{\text{Nombre de graines semées}} \times 100$$

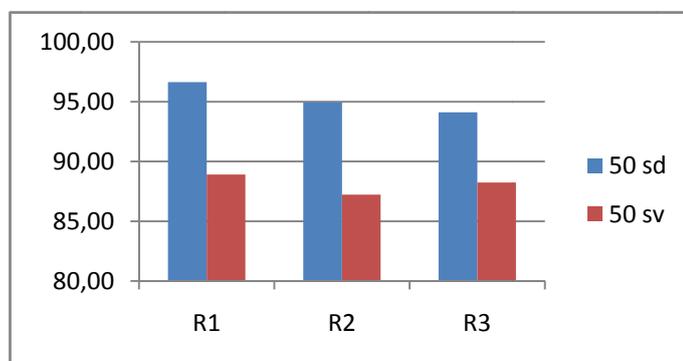


Figure 3. Le taux de recouvrement des graines

Les résultats, présentés dans la figure 3, montrent qu'en semis direct et grâce aux organes d'enterrage du semoir, on arrive à un taux de 96.9% et un meilleur positionnement des graines dans le sillon. En semis à la volée par contre, le recouvrement aléatoire par l'outil à disque ne permet d'atteindre qu'un taux de 88.91%. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Mahdi (2004) et Larbi (2008).

### 3.3. Peuplement à la levée

La figure 4 représente la variation du nombre de pieds levés par mode de semis:

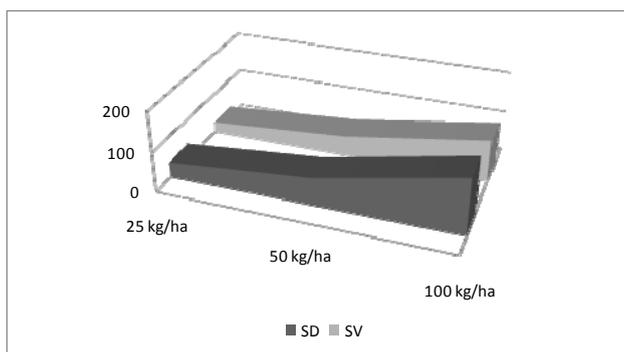


Figure 4. Le nombre de pieds levés sur 1 m<sup>2</sup>

L'analyse de la variance indique un effet significatif de la technique de semis sur le nombre de pieds levés ( $F=8,93$ ). La densité de peuplement en semis direct est meilleure que celle du semis à la volée. En raison d'un meilleur contrôle de la régularité de la profondeur de semis. En termes de cinétique de levée, les premières germinations levées ont été obtenues dans les parcelles menées en semis direct. On note que le faible taux de levée est également influencé par la combinaison de deux facteurs essentiels (faculté germinative de la semence et taux de recouvrement de grains). Le nombre de jours de gelée durant la campagne a dû également influencer ce paramètre.

### 3.4. Nombre d'épis/m<sup>2</sup>

La variation du nombre d'épis/m<sup>2</sup> au stade maturité et est illustrée par la figure 5. Même si l'analyse statistique montre que la technique de semis n'a pas eu un effet significatif sur le nombre d'épis/m<sup>2</sup>, les résultats indiquent néanmoins que le nombre d'épis/m<sup>2</sup> obtenu en semis à la volée est supérieur à celui obtenu en semis direct. Le facteur explicatif étant le taux d'infestation par les mauvaises herbes (effet de concurrence), notamment sur les parcelles non perturbées (semis direct) et ce en raison de l'absence de désherbage chimique.

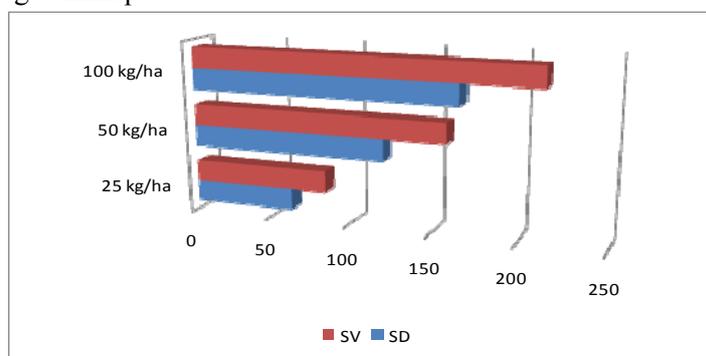


Figure 5. Le nombre d'épis par m<sup>2</sup>

### 3.5. Nombre de grains par épis

L'histogramme (Fig. 6) présente les différents résultats obtenus dans les deux techniques de semis. L'analyse de la variance ( $F=94,2433$ ), fait apparaître que la technique de semis à une incidence directe sur ce paramètre. Ainsi, on obtient 29 graines/épis en semis à la volée et seulement 11 graines/épis en semis direct.

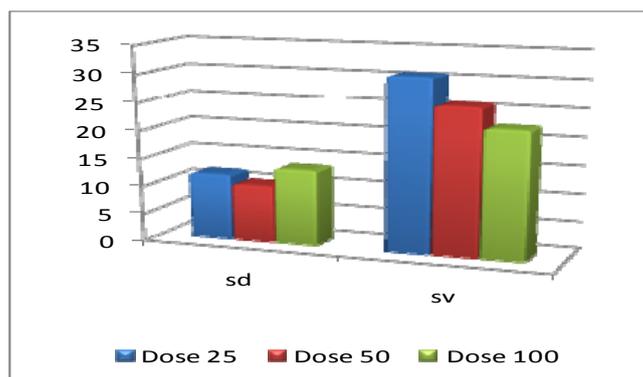


Figure 6. Le nombre de grains par épi

### 3.6. Le poids de mille grains

Les résultats qui sont enregistrés dans le tableau suivant ne prennent en considération que la dose de 25 kg/ha (dose habituellement utilisée par les agriculteurs en semis à la volée). La technique de semis a eu un effet significatif de sur le poids de mille grains ( $F=16,64$ ). Le poids de mille grains (48 g) obtenu en semis à la volée est dû au niveau développement du système racinaire (perturbation du sol) plus important, qui a permis une bonne nutrition de la plante.

Tableau 1. le poids de 1000-grains (g).

Dose de semis (kg/ha)	Mode de semis	Répétition		
		R1	R 2	R 3
25	S. Direct	47,3	47,54	44,37
	S. à la Volée	48,67	48,12	47,63

### 3.7. Estimation du rendement en grains

Il est obtenu en combinant deux caractéristiques mesurables, à savoir le nombre de grains par mètre carré et le poids de mille grains (Soltner, 2005). Les résultats des rendements moyens sont repris dans la figure 7. La technique de semis a eu un effet hautement significatif sur le rendement en graines ( $F=121,42$ ). Le graphique montre qu'en « conditions agriculteurs », le semis à la volée donne un rendement plus élevé que celui du semis direct et ce quelque soit la dose pratiquée. Ce résultat s'explique par la conjugaison de deux facteurs : le nombre d'épis levés sur  $1m^2$  et le poids de mille grains plus important en semis à la volée relativement à la technique de semis direct. Sur la base de ces résultats, on déduit que la dose adoptée en semis manuel par les agriculteurs (25q/ha) reste faible. Compte tenu de la pluviométrie moyenne, les sols de la région sont capables de supporter une densité moyenne de 150 graines par  $m^2$ . Ce qui correspond à des doses de semis bien plus importantes (100 kg/ha).

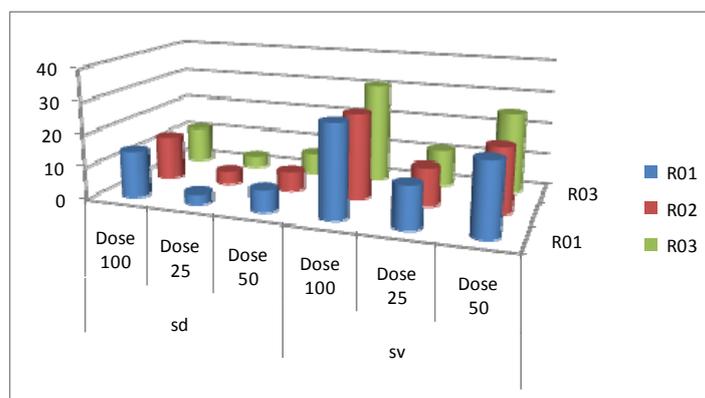


Figure 7. Variation du rendement (q/ha) en fonction de la dose et du mode de semis

#### 4. CONCLUSION

Dans une région exposée à la désertification (érosion aggravée par une mécanisation incontrôlée et des vents dominants), et pour une première tentative, les résultats obtenus montrent clairement que le semis direct paraît plus avantageux que le semis à la volée. Du point de vue qualitatif, le semis direct permet une meilleure maîtrise de la profondeur de semis et un bon recouvrement de la semence (impact sur le peuplement à la levée).

Concernant le rendement, même si le semis à la volée donne des résultats relativement plus élevés ; les effets du semis direct ne sont perceptibles qu'à partir de la troisième ou quatrième campagne. Il ne faut pas également perdre de vue que cet essai a été réalisé en conditions agricoles.

Quant à la dose de semis adaptées aux conditions pédoclimatiques de la région et dans le cadre d'une mécanisation raisonnée, les résultats ont montré que les sols peuvent supporter une densité de semis de l'ordre de 150 plants/m<sup>2</sup>, soit une dose moyenne de 100 kg/ha.

Abstraction donc de l'investissement de base (achat du semoir direct et disponibilité d'un tracteur de plus 80 cv) qui peut s'avérer un frein au développement de cette technique, il reste que la préservation du capital sol est une priorité pour ces régions.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bourbouse A. (2000). Pastoralisme au Maghreb : la révolution silencieuse. Fourrages 161, pp 3-21
- Daoudi A, Terranti S, Hammouda RF, Bédrani S, (2013). Adaptation à la sécheresse en steppe algérienne : le cas des stratégies productives des agropasteurs de Hadj Mechri. Cah Agric 22: 303-10. doi: 10.1684/agr.2013.0629
- D'bichi A, Laggoun C. (2005). Essais comparatifs semis direct semis classique sur la culture de blé mémoire d'ingénieur INA Alger
- Kheyar MO, Mouhouche B, Mahdi M. (2011). Tests of direct sowing of the durum wheat under pivot in the Saharan zone: Influence on yield components Journal of Horticulture and Forestry Vol. 3(11), pp. 342-346, 27 October,)
- Kheyar MO, Amara M, Harrad F. (2007). Mécanisation de la céréaliculture Algérienne : analyse et perspectives de développement. Annales de l'institut national agronomique ISSN 1111-5432.vol.28.n°1-2, pp. 95-102
- Larbi K, (2008) . Etude comparative de trois techniques de semis de blé : Effets sur les composantes de rendement Mémoire d'ingénieur INA El Harrach, Alger
- Mahdi M. (2004). Contribution à l'étude de la technique du semis direct sous pivot. Mémoire d'ingénieur, INA El-Harrach, Alger
- Nedjimi B et Guit B. (2013). les steppes algériennes: causes de déséquilibre Algerian journal of arid environment vol. 2, n° 2, Décembre 2012: 50-61
- Nedjraoui Dalila et Bédrani Slimane. (2008). « La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte », Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 8 Numéro 1 | avril 2008, mis en ligne le 01 avril 2008, URL : <http://vertigo.revues.org/5375> ; DOI : 10.4000/vertigo.5375
- Soltner D. (2005). Les grandes productions végétales. Céréales. Collection sciences et technique agricoles. 20è édition. Paris. France, pp 21-55.

## Effets de la fertilisation phosphatée sur le rendement et ses composantes d'une culture de blé dur (*Triticum durum* Desf. Var. CARIOCA) en milieu saharien (cas d'El-Goléa, Ghardaïa, Algérie)

B. Moussaouali  
Département d'agronomie,  
Université d'El-Tarf, Algérie

### RESUME

Dans le monde, les céréales sont considérées la principale ressource de l'alimentation humaine et animale. En Algérie, elles occupent 60% des terres cultivées mais malheureusement la production et le rendement demeurent très faibles, et engendrent annuellement des déficits de l'ordre de 70% par rapport aux besoins alimentaires. Les conditions agronomiques et le mode de conduite de ce secteur peuvent avoir des effets directs sur cette situation. Le but de cette étude est de faire une comparaison sur deux ans entre quelques types d'engrais phosphatés (fosfactyl, SSP et MAP avec quatre doses 30, 60, 90 et 120 u) dans le sud algérien sous pivot sur une culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.), variété CARIOCA, qui présente une faculté germinative de 98% et un PMG de 59 g. Elle portera sur quelques paramètres morphologiques et agronomiques, à savoir la longueur de l'épi, nombre d'épis au m<sup>2</sup>, nombre de grains par épi, poids de 1000 grains (PMG), rendement réel.

**Mots clés :** blé dur, fertilisation, phosphore, pivot, rendement, Sahara.

### SUMMARY

The cereals, in the world, are considered the principal resource of the human and animal alimentation. In Algeria, they occupy a very important part of the soil (60%), but, unfortunately, the production and the average yield are very weak, they cover only 30% of the food needs of the population. The agronomical conditions and the mode of control of this sector can have direct effects on this situation. The aim of this study is to make comparison for two years between some phosphoric fertilizers (fosfactyl, SSP and MAP with four doses 30, 60, 90 and 120 u) in the south of Algeria under Saharan conditions on a durum wheat culture (*Triticum durum* Desf.). It will relate to some morphological and agronomical parameters, namely the length of ear, number of ears to the m<sup>2</sup>, number of grains per ear, weight of 1000 grains (PMG), real output.

**Key words:** durum wheat, fertilization, phosphorus, pivot, yielding, Sahara.

### 1. INTRODUCTION

En Algérie, la céréaliculture pluviale et irriguée constitue la composante principale du système agrosocio-économique. Elle occupe une superficie d'environ 6 millions d'hectares (jachère comprise) soit 90% des terres cultivées en Algérie (Khaldoune et al., 2006), mais ses emblavures s'étendent sur 4 millions d'hectares seulement (Mouhouche et al., 2008), ce qui représente 9,43% de la SAT et 47% de la SAU. Ce secteur est caractérisé par la dominance de blé dur qui représente 41,55% des emblavures, suivi par l'orge puis le blé tendre (MADR, 2012). Le blé dur, tout seul, est essentiellement destiné à l'alimentation humaine et occupe une superficie de 1 357 987 ha (MADR, 2012). Les blés (dur et tendre) participent avec une production moyenne annuelle de l'ordre de 15 millions de quintaux, ce qui représente 63% de la production totale des céréales d'hiver. Cette situation inquiétante est causée essentiellement par les conditions climatiques défavorables surtout les précipitations. Suite à cela, l'Algérie est un grand intervenant sur le marché mondial des céréales par un niveau de consommation annuelle pas moins de 75 millions quintaux évalué à une facture de 1,5 milliard de dinars en 2005. Toutefois, le problème auquel est confronté l'Algérie réside notamment dans le fait que le niveau de production céréalière nationale est loin de répondre aux besoins de consommation exprimés. Ce qui fait de l'Algérie un important importateur de produits (il est le quatrième sur la liste des grands pays importateurs). D'après une étude statistique récente, "les principales destinations des exportations des blés de l'union européenne seront le Maghreb (45%, dont moitié pour l'Algérie)" (AGPB, 2009). Pour faire face à cette situation, et compte tenu du souci de satisfaction en produits alimentaires et de la disponibilité des ressources foncières, financières et naturelles, les agriculteurs se trouvent obligés d'étendre la culture des céréales depuis ces deux dernières décennies vers les zones sahariennes où les

ressources en eau sont disponibles (Feknous, 2000). De ce fait, avec l'intensification des cultures, les besoins en engrais devraient augmenter car les sols de ses zones sont généralement pauvres en éléments nutritifs ; sachant que sous climat hyperaride, l'amélioration des techniques de production est centrée, de plus en plus, autour de l'efficacité d'utilisation des engrais. Parmi les facteurs d'intensification, les engrais minéraux occupent une place primordiale (Halilat, 2004). Le développement récent de la céréaliculture sous pivot en zones sahariennes a donné des résultats encourageants. L'objectif de ce travail, conduit pendant deux ans, est de choisir les engrais phosphatés (types et doses) convenables aux zones sahariennes pour faire face aux conditions pédologiques spécifiques du Sahara, d'une part, d'autre part pour donner des bons rendements de la culture du blé.

## **2. MATERIELS ET METHODES**

### **2.1. Région d'étude**

L'expérimentation a été conduite, durant deux campagnes agricoles 2008/2009 et 2009/2010, dans une exploitation privée située à El-Goléa, à 270 km au sud du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa (900 km au sud de la capitale de l'Algérie), elle s'étend sur une superficie d'environ 1000 ha. Les coordonnées géographiques sont : latitude : 30°35' Nord, longitude : 2°52' Est, altitude : 440 m.

### **2.2. Situation climatique, pédologique et hydrique**

El-Goléa est définie comme une zone désertique soumise à des conditions climatiques aux caractéristiques extrêmes. Le caractère désertique est essentiellement lié au climat. La région est caractérisée par un climat saharien à hiver doux, une saison sèche qui s'étale sur toute l'année (selon le diagramme ombro-thermique de Gaussen), avec des chaleurs fortes surtout durant le jour, le maximum absolu atteint 45°C en été (juillet, août). Les amplitudes thermiques sont étendues aussi bien au cours de l'année qu'au cours du mois et de la journée (DPAT Ghardaïa, 2012). L'indice de l'aridité est de l'ordre de 1,21 (Laaboudi et *al.*, 2011).

La pluviométrie est négligeable, n'excédant pas les 40 mm/an, caractérisée par une très grande irrégularité dans le temps. Elle ne peut être jamais une source d'eau pour les végétaux. L'humidité relative durant toute l'année est inférieure à 50% (le minimum est de 27%).

Les vents les plus fréquents à El-Goléa sont ceux du nord et du nord-est, qui s'étalent de février à juin. Les vents du nord sont les plus forts et peuvent atteindre 30 à 40 km/h durant la période avril à septembre. Ils ont un effet néfaste sur les plantes.

La durée d'ensoleillement journalière oscille entre 9,6 h et 14,5 h en fonction des saisons, soit environ 3 410 à 5 165 h/an (la limite théorique tolérable est de 4 380 h/an).

Le sol est caractérisé par une texture grossière où le taux de sable dépasse 75%. Il présente un pH alcalin (8,5), un taux élevé en calcaire et très faible en phosphore et en azote.

L'eau se trouve dans les deux types de nappes qui caractérisent le Sahara (Meterfi, 1984). Les forages vont chercher l'eau à des profondeurs importantes.

### **2.3. Matériel végétal**

Notre étude a porté sur une variété de blé dur, Carioca, d'origine française. Les semences (R2) proviennent de l'exploitation de nos essais, et datent de la campagne agricole 2007/2008.

### **2.4. Itinéraire technique**

#### ***Installation de l'essai***

##### ***De la 1<sup>ère</sup> année***

Le précédent cultural était une culture d'orge. Le semis est précédé par un travail du sol, puis une pré-irrigation et un épandage d'engrais de fond. Le semis a été réalisé le 31/12/2008 sur une superficie totale de 8 ha environ à l'aide d'un semoir combiné traîné par un tracteur puissant. La dose de semis est de 2 q/ha de blé. La profondeur de semis est de 3 à 4 cm. Un désherbage chimique a été réalisé deux fois le long du cycle. L'irrigation commence juste après le semis jusqu'à la maturité complète sans interruption (avec des doses variables). La récolte et le battage de nos échantillons ont été effectués manuellement le 10/06/2009.

### *De la 2<sup>ème</sup> année*

Le semis a été effectué le 26/01/2010. L'écartement entre les lignes est de 13 cm. La récolte des échantillons a été effectuée manuellement le 21/06/2010. (Les opérations culturales non-mentionnées sont similaires à celles de la 1<sup>ère</sup> année).

### *Protocole expérimental*

#### *De la 1<sup>ère</sup> année*

#### *Traitements et Dispositif expérimental*

Deux engrais phosphatés, le Fosfactyl (3-22-0) et le simple superphosphate (SSP) (0-17-0) ont été mis en comparaison aux doses ci-après :

**P30** = 30 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P60** = 60 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P90** = 90 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P120** = 120 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

Le dispositif expérimental est un dispositif de type blocs aléatoires et complets, comportant 08 traitements (04 traitements pour chaque type d'engrais), avec 05 répétitions pour chaque traitement. Au total, nous avons : 04 doses x 02 engrais ce qui fait 08 parcelles élémentaires. Chacun de ces parcelles mesure 720 m de long et 15 m de large.

#### *De la 2<sup>ème</sup> année*

#### *Traitements et Dispositif expérimental*

Trois engrais phosphatés, le MAP (11-52-0), le Fosfactyl (3-22-0) et le SSP (0-17-0) sont mis en comparaison avec 3 doses pour chacun qui sont :

**P30** = 30 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P60** = 60 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha ; **P90** = 90 u P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire et complet, comportant 09 traitements, avec 05 répétitions pour chaque traitement. Au total, nous avons : 03 doses x 03 engrais ce qui fait 09 parcelles élémentaires. Chacun de ces parcelles mesure 720 m de long et 6 m de large.

#### 4.3. Paramètres mesurés

Dans chaque parcelle élémentaire, 5 placettes de 2 m linéaires contiguës et représentatives ont été prélevées pour déterminer les 5 caractères observés, à savoir la longueur de l'épi, nombre d'épis au m<sup>2</sup>, nombre de grains par épi, poids de 1000 grains (PMG), rendement réel.

### **2.5. Analyse statistique**

Les résultats obtenus ont été soumis à des analyses statistiques. Le logiciel STATISTICA 8.0 (version anglaise) a servi pour l'analyse de la variance à deux critères de classification. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% est utilisé pour comparer les moyennes des variables étudiés afin de déterminer les groupes homogènes.

## **3. RESULTATS ET DISCUSSION**

### **3.1. Paramètres morphologiques**

Longueur de l'épi

**1<sup>ère</sup> année** : La longueur moyenne de l'épi varie entre 5,44 cm et 5,67 cm respectivement pour les doses apportées par le Fosfactyl, et entre 5,42 cm et 5,64 cm respectivement pour les doses de SSP (Fig. 1). La valeur la plus élevée est enregistrée par le Fosfactyl (90 u), et la plus faible par SSP (30 u). L'analyse de la variance n'indique aucun effet significatif des traitements sur la longueur de l'épi (C.V. = 4,46%).

**2<sup>ème</sup> année** : La longueur moyenne de l'épi varie entre 4,87 et 5,33 cm pour les doses apportées par le MAP ; entre 5,21 et 5,39 cm pour les doses apportées par le SSP et entre 4,90 et 5,04 cm respectivement par le Fosfactyl (Fig. 1). La valeur la plus importante est donnée par le SSP (90 u), et la plus faible par le MAP (30 u). L'analyse de la variance montre que la différence est hautement significative entre les engrais, significative entre les doses et non significative pour l'interaction pour ce paramètre (C.V. = 7,03%).

Nos résultats s'avèrent très proches à ceux obtenus par Feknous (2000) a trouvé une longueur maximale de 7,5 cm pour une dose de 200u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

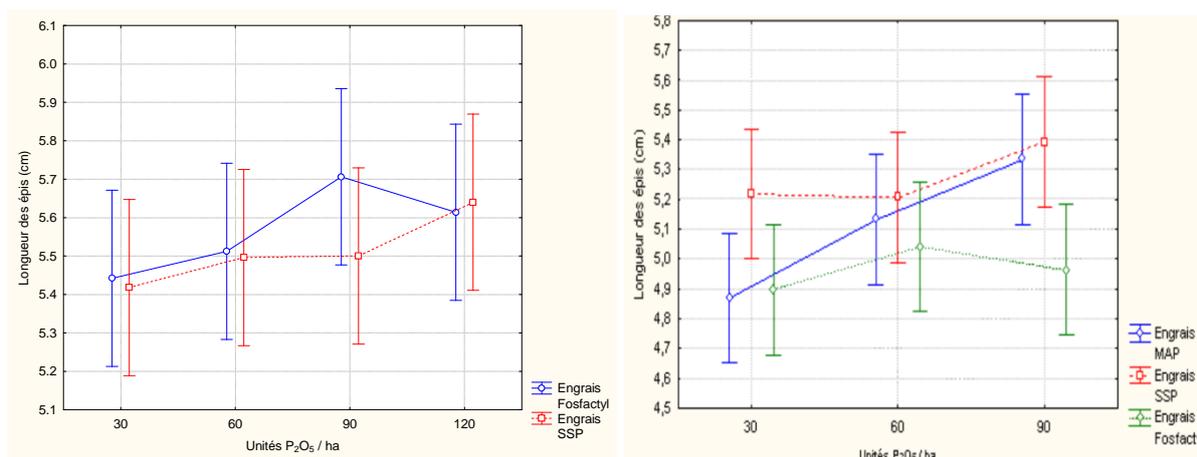


Figure 8. Longueur de l'épi (cm) par type et doses d'engrais (1<sup>ère</sup> année, à gauche ; 2<sup>ème</sup> année, à droite)

### 3.2. Composantes du rendement

Nombre d'épis au m<sup>2</sup>

**1<sup>ère</sup> année :** Le nombre d'épis au m<sup>2</sup> varie entre 350 et 505 épis pour les doses de Fosfacyl ; et entre 377 et 438 épis pour les doses apportées par le SSP. La valeur la plus élevée est obtenue par la dose 90 u de Fosfacyl, et la plus faible par la dose 30 u du même engrais. L'analyse de la variance ne révèle aucun effet significatif entre les traitements.

Théoriquement, le nombre de talles-épi de la variété utilisée est de 4 à 5 talles par pied. Alors que pour notre culture, nous avons trouvé seulement 2 à 3 épis par pied ; ce qui explique le nombre faible d'épis/m<sup>2</sup>.

**2<sup>ème</sup> année :** Le nombre d'épis au m<sup>2</sup> varie entre 574 et 704 épis pour les doses apportées par le MAP ; entre 651 et 696 épis de SSP et entre 638 et 661 épis pour le Fosfacyl. La valeur la plus élevée et la plus faible sont enregistrées par le MAP (doses: 60 u et 30 u respectivement). L'analyse de la variance montre que les engrais et les doses n'ont eu aucun effet significatif ; par contre, l'interaction a eu un effet hautement significatif sur ce paramètre (C.V. = 10.02%). Nos résultats sont légèrement supérieurs à ceux obtenus par Bélaïd (1987), il a trouvé une valeur maximale de 347 épis/m<sup>2</sup> pour une dose de 60 u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Nombre de grains par épi

**1<sup>ère</sup> année :** Le nombre de grains par épi est une caractéristique variétale qui est très influencée par le nombre d'épis au mètre carré (Couvreur, 1981). Le nombre de grains par épi varie de 35 à 37 grains par épi pour les doses apportées par le Fosfacyl ; et de 34 à 39 grains par épi pour les doses apportées par SSP (Fig. 2). La dose 90 u des deux engrais a donné le nombre le plus élevé de grains par épi, alors que la dose 30 u des deux engrais a donné le nombre le plus faible. L'analyse de la variance n'indique aucune différence significative entre les traitements (C.V. = 8,19%). Selon Hafsi (1990), l'application précoce du phosphore augmente ce nombre.

**2<sup>ème</sup> année :** Le nombre de grains par épi varie entre 23 et 30 grains/épi pour les doses apportées par le MAP ; entre 22 et 25 grains/épi pour les doses de SSP ; et entre 23 et 25 grains/épi pour les doses apportées par le Fosfacyl (Fig. 2). L'analyse de la variance montre que la différence est non significative entre les engrais, significative entre les doses et très hautement significative pour l'interaction sur ce paramètre (C.V. = 14.33%). Ce paramètre est loin d'être comparé avec celui de la 1<sup>ère</sup> année, car l'écart est très important.

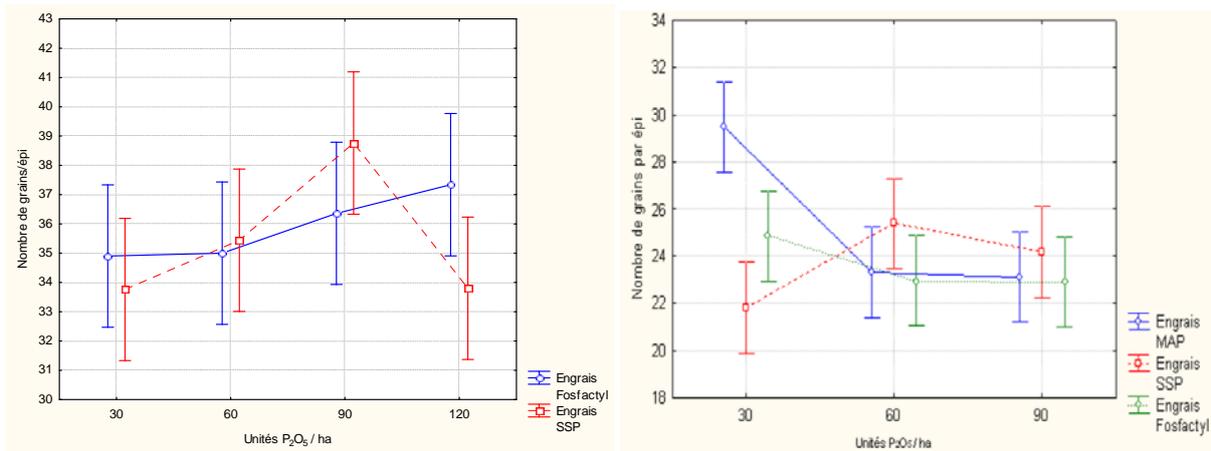


Figure 9. Nombre de grains par épi par type et doses d'engrais (1<sup>ère</sup> année, à gauche ; 2<sup>ème</sup> année, à droite)

### Poids de 1000 grains (PMG)

**1<sup>ère</sup> année :** Le PMG n'a pas varié beaucoup entre les doses apportées par le Fosfacyl (55,72 et 58,94 g) ; mais pour le SSP il a varié entre 51,27 et 62 g. La valeur la plus élevée et la plus faible sont données respectivement par les doses 30 u et 90 u de SSP (Fig. 3). Il s'avère que les fortes températures à ce stade ont un effet négatif avec les doses importantes. L'analyse de la variance montre que la différence est très hautement significative entre les doses, significative pour l'interaction et non significative entre les engrais (C.V. = 6,77%). Le test de Newman et Keuls fait ressortir 3 groupes homogènes A, B, C, deux entre eux qui se chevauchent. Nos résultats sont nettement supérieurs à ceux obtenus par Mehdi et al. (2007) ; ils ont obtenu un PMG maximum de 45,72 g pour une dose de 120 u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Selon Delecolle (1985) et Laconde et al. (1993), des températures de l'air supérieures à 30°C ou une forte ETP conduisent à un défaut de remplissage du grain et à une réduction du PMG.

**2<sup>ème</sup> année :** Le PMG varie entre 39,93 et 43,40 g pour les doses apportées par le MAP ; entre 38,75 et 45,09 g pour les doses apportées par SSP ; et pas beaucoup entre les doses de Fosfacyl (41,19 et 43,46 g) (Fig. 3). L'analyse de la variance montre que la différence est non significative entre les engrais, hautement significative entre les doses et très hautement significative pour l'interaction sur ce paramètre (C.V. = 7,4%). Le test de Newman et Keuls fait ressortir 4 groupes homogènes A, B, C, D qui se chevauchent.

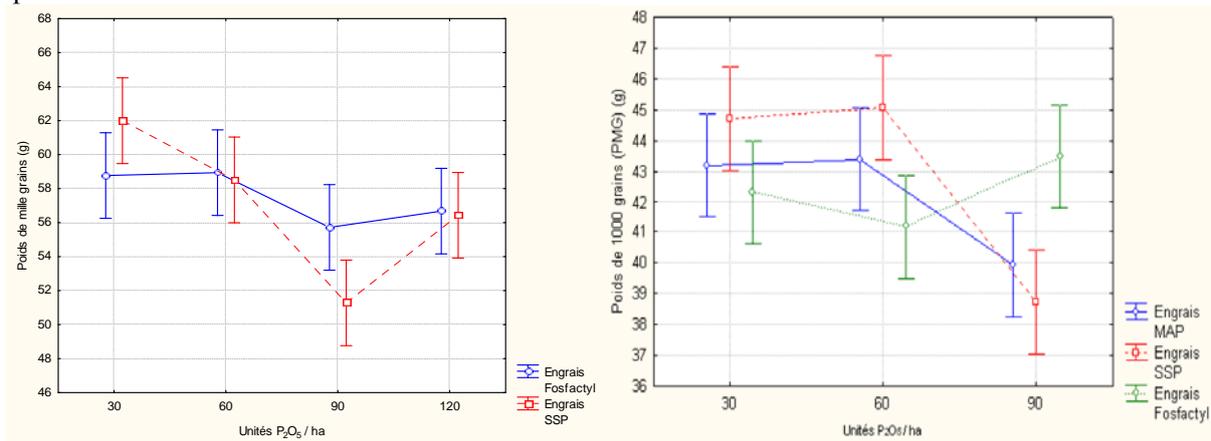


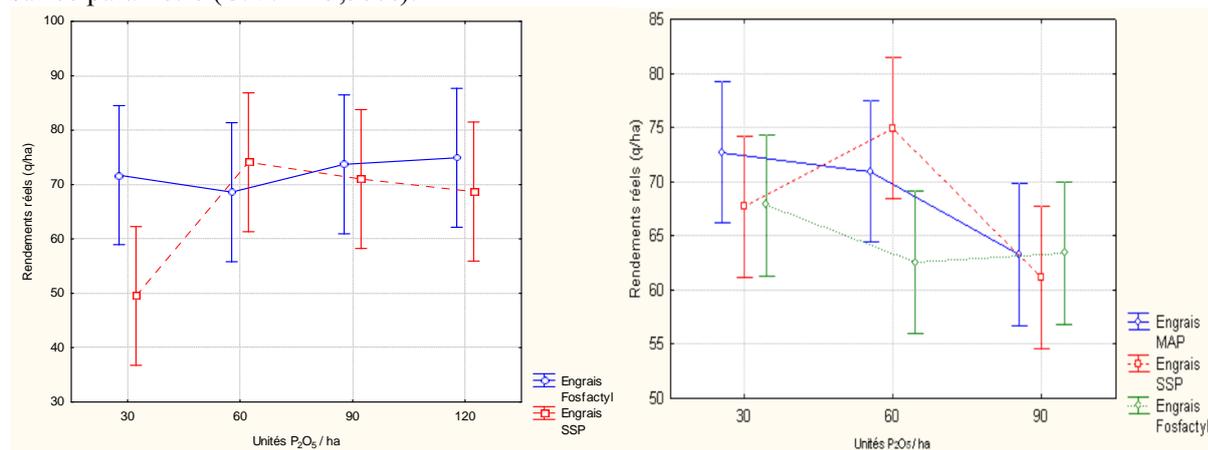
Figure 10. Poids de mille (1000) grains (g) par type et doses d'engrais (1<sup>ère</sup> année, à gauche ; 2<sup>ème</sup> année, à droite)

### Rendement réel

**1<sup>ère</sup> année :** Les rendements obtenus varient entre 68,59 et 74,91 q/ha respectivement pour les doses 60 u et 120 u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha apportées par le Fosfacyl ; et entre 49,51 et 74,10 q/ha respectivement pour les doses 30 et 60 u de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha apportées par SSP (Fig. 4). L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative entre les traitements (C.V. = 21,60%). Nos résultats sont nettement supérieurs à ceux obtenus par Ryan et al. (1990) ; Feknous (2000) et Mehdi et al. (2007) ; ils ont obtenu des

rendements maximums de 18,71 q/ha, 40,65 q/ha et 36,40 q/ha pour des doses de 40 u, 200 u et 120 u de  $P_2O_5$ /ha respectivement. Les rendements réels obtenus par Fosfactyl sont supérieurs à ceux obtenus par SSP (à l'exception de la dose 60 u), cela est dû à l'effet du bore (B) qui améliore les rendements en grains chez le blé.

**2<sup>ème</sup> année :** Les rendements obtenus varient entre 63,26 et 72,74 q/ha respectivement pour les doses 90 u et 30 u de  $P_2O_5$ /ha apportées par le MAP ; entre 61,18 et 74,98 q/ha respectivement pour les doses 90 u et 60 u de  $P_2O_5$ /ha apportées par SSP ; et entre 62,56 et 67,83 q/ha respectivement pour les doses 60 u et 30 u de  $P_2O_5$ /ha apportées par le Fosfactyl (Fig. 4). L'analyse de la variance montre que les engrais et l'interaction n'ont aucun effet significatif, par contre, les doses ont un effet significatif sur ce paramètre (C.V. = 15,57%).



**Figure 11.** Rendements réels en grains (q/ha) par type et doses d'engrais (1<sup>ère</sup> année, à gauche ; 2<sup>ème</sup> année, à droite)

#### 4. CONCLUSION

Les résultats obtenus permettent de constater que l'effet des engrais phosphatés n'est pas significatif pour tous les caractères, cela veut dire que les deux engrais utilisés ont réagi de la même façon sur ces caractères ; en plus le Fosfactyl ne convient pas aux sols calcaires. De point de vue économique, on peut déduire que le SSP est mieux convenable pour ces sols.

-les résultats montrent que le meilleur rendement (75 q/ha) et le PMG le plus élevé (45g) ont été obtenus en utilisant le SSP avec la dose 60 u de  $P_2O_5$ /ha parmi les trois engrais utilisés.

-ils montrent que l'utilisation du MAP s'avère très intéressant sur tous les paramètres étudiés.

-l'utilisation du Fosfactyl a donné des résultats inférieurs par rapport à ceux obtenus par le SSP et ceci pour tous les paramètres mesurés ; de ce fait et de point de vue économique, on va éliminer l'utilisation de cet engrais car c'est un engrais importé.

Le comportement de la variété utilisée en relation avec l'alimentation phosphorique ne pourrait être suffisamment expliqué que par une multiplication de ce type d'essai dans le temps ; des essais pluriannuels sont à recommander. Cette démarche est un outil privilégié qui permet d'aller au-delà de la simple relation apport et rendement.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Association générale des producteurs de blé et autres céréales (AGPB), (2009). Humeur de blé. Lettre d'information de l'A.G.P.B, N° 211, Mai – Juin, 02p (Format PDF).
- Bélaid D., (1986). Aspect de la céréaliculture algérienne. Ed. Office des Publications Universitaires, Alger, 207p.
- Couvreur F., (1981). La culture du blé se raisonne. Cultivar. Juin, pp. 39-41.
- Délécolle R., (1985). Influence climatique sur le cycle du blé d'hiver *In* Bases de la bioclimatologie, INRA France (Département de bioclimatologie), Semaine de formation. Ed. INRA, pp 205-206.
- DPAT Ghardaïa (Département de la planification et de l'aménagement de territoire), (2012). Annuaire statistique (Volet 1 et 2, tous les secteurs), (Fichier Word), 124p.

- Feknous, N., (2000). Dynamique du phosphore en milieu calcaire et aride (cas de la wilaya d'Adrar): conséquences sur la fertilisation phosphatée du blé dur. Thèse de magister, INA, Alger (Algérie), 74p.
- Hafsi M., (1990). Influence de la fertilisation phospho-azotée sur la variété de blé dur « Mohamed benbachir » (*Triticum durum*) cultivée dans les conditions des hautes plaines sétifiennes. INA, Alger (Algérie), 124p.
- Halilat, M.T., (2004). Effet de la fertilisation potassique et azotée sur blé en zone saharienne, Université de Ouargla (Algérie), Laboratoire de Bioressources Saharienne : Préservation et Valorisation, Département des sciences agronomiques, 16p (Format PDF).
- Khaldoune A., Béllah F., Mekliche L., (2006). L'obtention variétale en Algérie cas des céréales à paille. Ed. INRAA, 82p.
- Laaboudi A., Mouhouche B, Zaki A, Bouaboub-Mossab K., (2011). Impact des variations climatique sur les rendements du palmier dattier dans la région d'Adrar *In* Recherche agronomique « revue semestrielle » N°24. Ed. INRAA, pp 61-70.
- Laconde J.P., Cochet J.C., Castillon P, Roques F., Verdier J.L., Deumier J.M., (1993). Comment réussir le blé dur dans le sud *In* Perspectives agricoles (revue semestrielle) N° 184, pp 52-72.
- MADR, (2012). Statistiques agricoles (Série B) (Fichier Excel). Ministre de l'Agriculture et de Développement Rurale.
- Mehdi S-M., Abid M., Sarfraz M., Hafeez M., Hafeez F., (2007). Wheat response to applied phosphorus in Light Textured Soil *In* Journal of Biological Sciences 7 (8). Ed. Asian Network for Scientific Information, pp 1535-1538. (Format PDF).
- Meterfi B., (1984). Contribution à la caractérisation des sols sahariens et évaluation de leurs aptitudes culturelles (oasis d'El-Goléa). Mémoire d'ingénieur d'état, INA, Alger (Algérie), 83p.
- Mouhouche B., Smadhi D., Semiani M., Zella L., (2008). Pluviométrie et céréaliculture: cas des hauts plateaux de l'est algérien. *In* : Recherche agronomique, N°21,Ed. INRAA, pp 7-16.
- Ryan J., Abdelmoumen M., Azzaoui A., El-Gharous M., (1990). Impact of phosphorus fertilizer on barley, wheat and triticale in phosphorus deficient dry land zone soil. Morocco.



## Environmental and agronomic interest of compost of organic wastes in the safeguarding and the conservation of the ecosystems in the arid regions

Mabrouka Oustani<sup>1\*</sup>, Md.Tahar Halilat<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup> Oustani M. :Assistant professor at the University of Kassdi Merbah Ouargla (Algeria)

E-mail : [belsam.oustani@yahoo.fr](mailto:belsam.oustani@yahoo.fr)

<sup>(2)</sup>Halilat M<sup>ed</sup>. T.: Professor (University of Ghardaia)

### SUMMARY

The physico-chemical properties of poultry droppings indicate that this waste can be an excellent way to enrich the soil with low fertility that is the case in arid soils (low organic matter content), but their concentrations in some microbial and chemical components make them potentially dangerous and toxic contaminants if they are used directly in fresh state. On other hand, the abundance and the accumulation of plant residues in the crop areas can become a source of plant disease and affects the quality of the environment. The biotechnological processes that we have identified appear to alleviate these problems. It leads to the stabilization and processing of wastes into a product of good hygienic quality and high fertilizer value by the composting test. In this context, a trial was conducted in composting operations in the region of Ouargla located in southern Algeria.

Composting test was conducted in a completely randomized design experiment. Three mixtures were prepared, in pits of 1m<sup>3</sup> volume for each mixture. Each pit is composed by mixture of poultry droppings and crushed plant residues in amount of 40 and 60% respectively: C1: Droppings + Straw (P.D +S) , C2: Poultry Droppings + Olive Wastes (P.D+O.W) , C3: Poultry Droppings + Date palm residues (P.D+D.P). Before and after the composting process, physico-chemical parameters (temperature, moisture, pH, electrical conductivity, total carbon and total nitrogen) were studied. The stability of the biological system was noticed after 90 days. The results of physico-chemical and microbiological compost obtained from three mixtures: C1: (P.D +S) , C2: (P.D+O.W) and C3: (P.D +D.P) shows at the end of composting process, three composts characterized by The final products were characterized by their high agronomic and environmental interest with a good physicochemical characteristics in particularly a low C/N ratio with 15.15, 10.01 and 15.36 % for (P.D + S), (P.D. + O.W) and (P.D. +D.P) respectively, reflecting a stabilization and maturity of the composts. On the other hand, a significant increase of temperature was recorded at the first days of composting for all treatments, which is correlated with a strong reduction of the pathogenic microflora contained in poultry droppings.

**Key words:** Composting, poultry dDroppings, date palm residues, straw, olive wastes, C/N, pH, pathogen microorganisms, arid ecosystem.

### 1. INTRODUCTION

The arid regions constitute a system in which the delicate balance between climate, soil, water, air and vegetation is so fragile that rural people living in these areas are expected to manage it adequately and timely to preserve and strengthen it. To prolong and improve the balance, special care must be taken to its component "ground" with organic matter levels are low and often declining (Bouchoucha et al., 2009). It is indeed urgent to optimize the use of this natural resource and to seek possible ways to improve it. Recycling of organic matter and its enhancement in crop fertilization is an ideal remedy. Moreover, in addition to their role as a reservoir of nutrients, have a major role in soil fertility. However, agriculture has a large amount of plant residues and animal wastes that can be used after composting and under certain conditions (Znaidi, 2002). Thus, the development of a composting process is an essential step. It will be based on the use of this organic matter recycled in crop fertilization and have the advantage of reducing the negative impacts of the use of organic waste in the fresh state (Bernal et al., 1998) ; (Francou, 2003). Taking the case of poultry droppings, the use of this manure is widespread in vegetable growing in the worldwide due to its nutrient concentrations (Kherrati et al., 1998; Demir et al., 2010). However, used at fresh stage this manure may show many disadvantages mainly because of their concentration in pathogenic microorganisms in metal pollutants, and the high risk of nitrogen losses associated with this manner of usage (Alexander, 1982, El jalil et al., 2001). In fact the use of poultry droppings at fresh stage for agriculture in arid regions could

constitute a problem for these already degraded ecosystems, which can induce a subsequent degradation of the environment if such wastes were generally discarded in nature without any treatment and/or recycling. These wastes are highly contaminated with ubiquitous microorganisms; this renders the treatment of such wastes imperative. Among the bacteria that are naturally found in the droppings of birds that are pathogenic to humans include certain strains of *E. coli*, *Salmonella*, and *Staphylococcus*...etc. The duration of pathogen survival during composting depends primarily on temperature (Sundberg et al., 2004). In general, the more manure undergoes a temperature rise, the greater the storage or treatment lasts, and the survival time of pathogens abbreviated (Mountain et al., 2003). On the other hand, the date palm, straw and olive cultivation by their place in agriculture have a high economic and ecological value. Nevertheless, the abundance and the accumulation of their residues in the crop areas can become a source of plant disease and affects the quality of the environment. While, the incorporation of these plant residues characterized by high C/N ratio to poultry droppings during composting is considered among the best ways used to reduce environmental problem related to nitrogen losses. The objective of this work is to study the physico-chemical and microbiological parameters of three types of compost made from three mixtures based in poultry droppings to which are added different types of plant residues.

## 2. MATERIEL AND METHODS

### 2.1. Site of study

The composting test was conducted during the 2010 at the farm level of the University of Ouargla, located in the South East of Algeria. The climate is arid with mild winters and hot dry summers; characterized by a dry season that extends throughout the year. Rainfall is very low and irregular. Mean accumulated precipitation (2000 - 2010) was 37.29 mm. Mean relative humidity was 41.68% and mean temperatures were 43.71 °C (maximum) and 3.89 °C (minimum) averages of 10 years' data including the study period (ONM, 2011).

### 2.2. Organic substrates used

Three organic substrates were used in this experience:

**Poultry droppings:** Poultry droppings used was provided from a private exploitation of a broiler farm. Ten samples were collected randomly, packed in polythene bags and transported to the laboratory. The main characteristics of the poultry droppings used following the methods listed below are presented in table 1.

**Table 1.** Physico-chemical and biochemical poultry droppings

Parameter	Value
pH	8.66
EC (dS m <sup>-1</sup> )	12.,8
C <sub>Org</sub> (%)	27.72
Total nitrogen (%)	2.2
Organic matter (%)	47.44
C/N	12 .36

**Lif dry palms and date palm:** They are mixtures of date palm residues (Dry palms, Kornaf and Lif of deglet nour variety). These residues have been brought back from the exploitation of the University of Ouargla.

**Olive waste:** They are dry olive wastes (Leaves, Stones, Fruits, debris pressing... etc) that have been made in a private farm in the study area.

**Straw:** They are straw residues from the last agricultural companion. These residues were provided from private farm in the study area.

Before use, the wastes were ground to facilitate the degradation of compost particles.

### 2.3. Experimental design, physico-chemical process monitoring

Composting test was conducted in a completely randomized design experiment. Three mixtures were prepared, in pits of 1 m<sup>3</sup> volume for each mixture. Each pit is composed by mixture of poultry droppings and crushed plant residues in amount of 40 and 60% respectively. So, three composts were obtained: C1: Poultry Droppings + Straw (P.D +S); C2: Poultry Droppings + Olive Wastes; C3: Date palm residues (P.D +D.P). These percentages are proportions by weight. Noting that each treatment was repeated three times. During the composting process, moisture content was adjusted to around 40 %. The pits are watered regularly once a week during the first month and once every 15 days during the remaining period. For oxygenation of pits four turning were realized: First turning: At the beginning of the experiment; Second turning: 2 weeks after the experiment; Third turning : five weeks after the experiment; Last turning: 02 months after the experiment. Thermal monitoring was performed daily during the first week: 02/01/2010 to 09/01/2010. Subsequently the temperature was measured every week until the end of composting process. The temperature measurement was performed using a soil thermometer. The operation lasted 03 months from 02/01/ 2010 until 02/04/ 2010.

### 2.4. Measured parameters

Before and after composting, we measured some physical and physico-chemical parameters: Temperature, pH, EC, OM, C.Org, Total nitrogen, C/N and microbiological parameters (detection of Salmonella, Enterobacteriaceae, Staphylococci, etc). The pH and EC were measured in a 1:2.5 and 1: 5 mixtures (v/v) of manure and water, respectively. The organic matter (OM) was determined after the sample was ashed at 550 °C (Method of calcination). C.Org was determined by the following equation: % C.Org = % MO/1.72. Organic nitrogen was determined by micro-kjeldahl method (Kjeldahl method) (Bremer and Mulvaney, 1982), the C/N ratio was calculated after determination of percentage of Carbon and Nitrogen amounts by the methods previously mentioned, respectively.

For pathogenic microbial analysis, the principle of used method consisted to put the poultry droppings homogenate suspended in sterile water and then to incorporate the different dilutions of this suspension in the isolation medium. So, 10 g of poultry droppings was blended in 90 mL of saline water (0.9 % NaCl) with a warring blender to prepare the initial dilution. Colony forming units (CFU) were determined by standard pour plate methodology. Thus the total aerobic mesophilic flora (FMAT) was listed on PCA (Plate Count Agar) after incubation at 30 °C for 2 to 3 days. The Enterobacteriaceae count was performed on DCL (Desoxycholate Citrate Lactose Agar) after incubation at 37 °C for 24 hours. The detection of Salmonella was carried out on SS medium (Salmonella, Shigella), after incubation at 37 °C for 24 hours. Staphylococci count was performed on Chapman medium after incubation at 37 °C for 24 hours.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3. 1. Physical and chemical parameters of mixtures before and after composting

#### 3.1.1. Thermal Monitoring

The results of monitoring temperature before and after composting are presented in figure 1. The shape of the curve of the temperature evolution of the three treatments during the composting process shows that the temperature of the first day is a sign of start-of microbial activity of mesophilic microflora. In fact at this stage we recorded 32, 33, 34 °C for treatments of (P.D +O.W); (P.D+S) and (P.D+ D.P) respectively, this is due to the multiplication of mesophilic aerobic microorganisms. Between the 1st and 3rd day, the three treatments recorded a significant increase on temperature to reach maximum levels of about 58, 60 and 55 °C for (P.D + O.W),(P.D + S) and (P.D+ D.P) treatments respectively. The energy released as heat by aerobic fermentation is mainly responsible for the rise in temperature in the composting mass (Mustin, 1987).

According Devisscher (1997) The rise in temperature is due to the action of microorganisms by oxidizing the organic substrates used in the preparation of compost can release the energy contained in the chemical bonds included in the constituent molecules.

Moreover, the comparison of thermal curve of evolution between the three treatments shows that (P.D + O.W) treatment recorded higher temperatures compared to those recorded by straw (P.D + S) and date palm treatment (P.D.+D.P). This difference can be explained by the richness of the olive wastes in hydrocarbon substrates easily biodegradables than of those of straw and date palm residues

relatively rich in cellulose and lignin. After the third week, there has been a phase of cooling where the temperature decreases to reach values of 30 and 29 °C for both treatments of (P.D +O.W), (P.D + S) and (P.D + D.P) respectively, subsequently the temperature continues to fall gradually until the end of the composting test where we recorded an average of about 30 °C for the three treatments. Thus, after two months of composting, the temperature of the three pits reached to ambient temperature, which corresponds to a strong decrease of microbial activity at the end of the transaction and therefore a stabilization of organic products used. Obtained results show that the maturation phase took place from two months of composting. The sudden increase in temperature in the 14 and 35 days after composting observed for all treatments can be explained by the turning dates that are coincided with the periods of samples collection. According Znaidi (2002), the turning is important for penetration of oxygen into the material, which can cause a rapid rise in temperature.

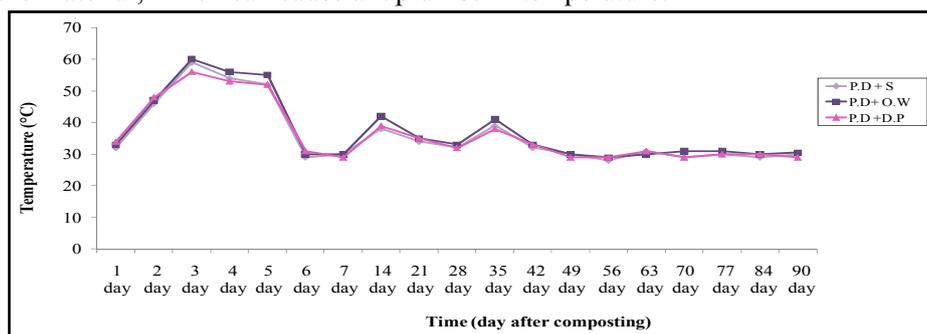


Figure 1. Curve of the change in temperature of the three treatments during the composting

### 3.2. pH

The results of evolution in pH of three treatments during composting are presented in figure 2. Obtained results showed a discrepancy between the values of pH before and after composting. The pH values decreased from 8.2, 7.4, 8.8 prior to the composting to 7.2, 6.2, 7.4 at the end of composting test respectively for (P.D + S), (P.D + O.W) and (P.D + DP) treatments. The pH reduction rates at the end of composting are 12.19, 16.21, 15.90 % for (PD + DS) (PD + OW), and (P.D + DP) respectively %.

It seems that all treatments were initially valued at basic pH. These values are the result of the production of ammonia from the degradation of amines (proteins, nitrogenous bases ...) of organic substrates used. Then there is a decrease in pH for the three treatments at the end of operation, which can be explained according to Meunchang et al. (2005) ; Mustin (1987); Bouhaouach et al., (2009), to the production of organic acids related to the biodegradation of the biodegradation of the heterogeneous substrates and formation of compounds such as carboxylic and phenolic groups .

According Sundberg et al. (2005), Amir (2005), during composting, the pH may changed for acidification by formation of certain organic acids related both to the degradation of simple carbohydrates and CO<sub>2</sub> production in early composting, or an alkalization by ammonia production.

The decrease in pH observed in our case is less important compared to that reported by Harmon et al. (1975), who found a pH around 4.68 at the end of the fermentation of poultry manure mixed with corn (silage).

### 3.3. Conductivity (EC)

The results of evolution of EC during composting are showed in figure 3. The results indicate that the EC of three treatments show a significant decline during composting operation. Thus, the results of EC recorded before composting are 16.5, 11.22, 10.26, meanwhile, at the end of composting, this parameter recorded 8.63, 7.98 and 7.55 for (P.D + S) (P.D + O.W), and (P.D + DP) treatments respectively. The reduction rates compared to the initial stage are 47, 69, 28, 87 and 26, 41% for (P.D. + D.P), (P.D. + O.W) and (P.D +S) respectively. These results confirm those of Znaidi (2002), who

noticed that the electrical conductivity can record a decrease of 55.17% at the end of the composting process.

By contrast to Baeta-Hall et al. (2005) who indicated that salinity may increase at the end of composting, as a result of the mineralization of organic compounds and release of mineral elements, we recorded declines in the values of EC for all treatments. This decrease can be explained by the leaching of salts following the watering process Znaidi (2002).

### 3.4. Evolution of organic matter, Organic carbon, Total nitrogen and C/N ratio

The evolution of content on organic matter of three mixtures between beginning and the end of composting are presented in figure 4. Obtained results showed that the three treatments (P.D + S), (P.D. + O.W) and (P.D. + D.P) recorded the contents of about 35.98, 27.56 and 36.2 % respectively at the end of the operation. While in the beginning, they were in the range of 52.97, 49.98 and 53.01 %, respectively. The variable change of OM contents between treatments is related to biochemical nature of inputs (plant residues).

The evolution of content of C.Org for the three treatments showed a proportional trend to that of organic matter with maximum levels before the composting and the minimum levels at the end of the operation. Obtained results showed that the carbon of three treatments (P.D + S), (P.D. + O.W) and (P.D. +D.P) suffered a decline of about 32.07, 44.85 and 31.71 at the end of operation (Figure 4). The decrease in organic matter and carbon are due to the biodegradation of organic substances during composting. These results confirm those of Albercht (2007) showing that the rates of MO and C.Org pass during the months of composting from 58.5 and 27.7 to 48.5% and 23.7% respectively.

Regardless the variation of total nitrogen content of thee treatments between the beginning and the end of composting are illustrated in figure 5. Results showed that percentage of total nitrogen generally decrease after composting process for all treatments. The reduction rates compared to the initial stage are 6.12, 10.11 and 6.16 % for (P.D + S), (P.D. + O.W) and (P.D. +D.P) respectively. This decrease is due to the mineralization of nitrogen of used organic substrates (as release of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), and/or to the loss of nitrogen through volatilization as ammonia. Especially since the latter, is favored by high temperatures during composting and the alkaline pH of the used substrates (Souidi and Chian, 1992).

Results of evolution of the C/N ratio during composting are illustrated in figure 6. The C/N ratio of the three treatments shows the same trend as that of the MO and C, N, with maximum ratios for all treatments before composting process and minimum ratios at the end of process. The reduction rates recorded at the end of composting test are 15.15, 10.01 and 15.36 % for (P.D + S), (P.D. + O.W) and (P.D. +D.P) respectively.

These results confirm those of Mustin (1987); Bernal et al. (1998) showing that the C/N ratio decreases during composting due to the high mineralization of organic matter and release of carbon as CO<sub>2</sub> emissions.

The reduction of C/N ratio at the end of composting is considered an indicator of compost maturity phase (Daiiman, 2004). It is characterized by a stabilization phase, reflecting a slowdown in mineralization and indicating the beginning of the maturation phase. The sharp decrease of the parameters OM, C.Org and C/N during at the end of trial are indicative of strong mineralization of organic matter during the composting operation.

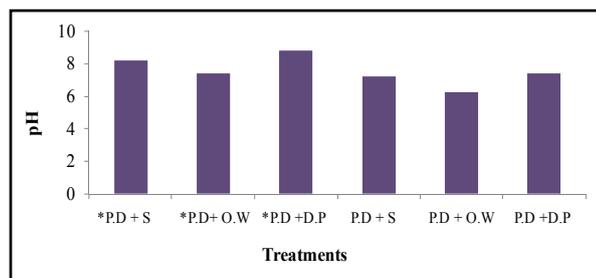


Figure 2. Evolution pH of three mixtures before and after composting

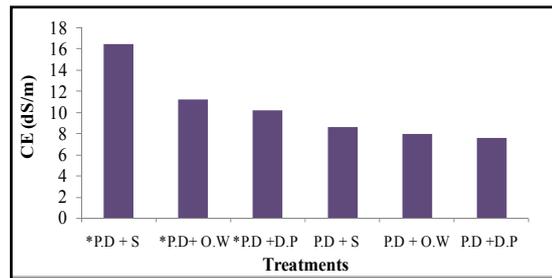


Figure 3. Evolution of EC of three mixtures before and after composting

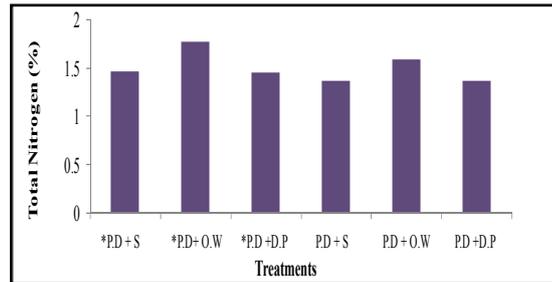


Figure 4. Evolution of total nitrogen organic of three mixtures before and after composting

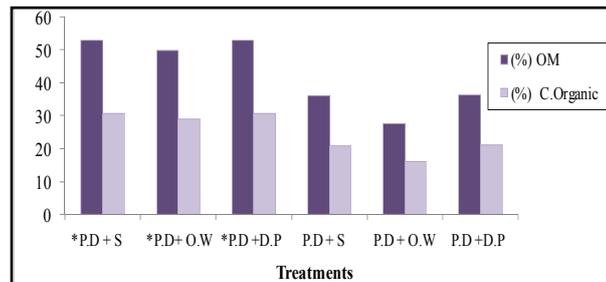


Figure 5. Evolution of organic matter and C. Organic of three mixtures before and after composting

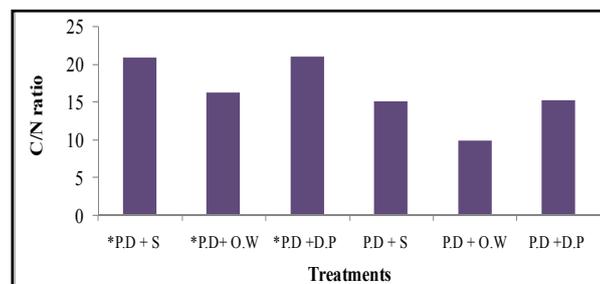


Figure 6. Evolution of C/N ratio of three mixtures before and after composting

### 3.5. Microbiological testing of poultry manure

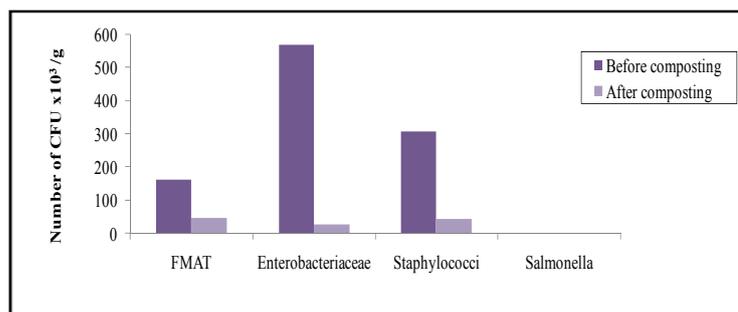
Hygienic conditions of poultry droppings were evaluated over three months. The general assessment of the hygienic conditions was achieved by the determination of counts of Mesophilic microflora, Enterobacteriaceae and Staphylococci. The results of counting the density of bacteria before and after composting are shown in figure 7. The Mesophilic flora (FMAT) records  $162 \times 10^3$  CFU/g at the beginning of composting due to the start of fermentation under favorable conditions such as humidity, aeration, and the presence of MO. However, after 12 weeks, this group of bacteria records a density of  $45 \times 10^3$  CFU/g. The reduction of the number of this group at end of composting test is in the order of 72.22% which is related to the stabilization of compost at the end of the operation where we recorded ambient temperatures close to those ( $24^\circ\text{C}$ ). These later are far from the optimal temperature required for

Concerning the Staphylococci, these micro-organisms involved in the decomposition of organic matter, which explains their high density at the beginning of the process with a number of about  $306 \times 10^3$  CFU /g of compost, and then regress to a value of  $42 \times 10^3$  CFU /g at the end of composting. The reduction rate in this group between the beginning and end of composting was 86.27%. These results are in concordance with those of Hassen et al. (2001) who reported that Staphylococci decreased significantly during composting.

For the Enterobacteriaceae the density of about  $567 \times 10^3$  CFU/g was recorded early in the process, then a significant decrease was noted at the end of the operation. Thus, the high number of enterobacteriaceae in the fresh products was greatly decreased to  $25 \times 10^3$  CFU/g in the transformed product. The reduction rate at the end of composting was 95.59%. These microorganisms are active in the decomposition of organic matter. Their optimal biological, physical and chemical conditions for growth must be kept constant all throughout their existence. However, the phases experienced by organic materials in the preparation of compost do not allow the stability of the environment for these microorganisms (El jalil et al., 2001).

The decrease on pathogenic microorganisms was presumably the result of the high temperature and the unfavorable conditions established during the thermophilic (Goyal et al., 2005).

On the other hand, the obtained results showed the total absence of salmonella in poultry manure. These results are consistent with the work of Mounaim et al., (2003) which showed the absence of salmonella in poultry droppings. This could ensure a safety of the product by the absence of hazardous microorganisms.



CFU / g: Colony Forming Units per gram.

Figure 7. Evolution of the numbers of the numbers of bacteria before and after composting

#### 4. CONCLUSION

It emerges from this study that the composting prepared from the mixture of vegetable residues and poultry droppings not only provides a valuable product in agriculture especially in arid ecosystems, but would also reduce the negative impact of wastes on the environment. In fact, obtained results showed that the pathogenic or toxicogenic microorganisms suspected reduced significantly at the end of composting.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albrecht R., (2007). Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. Thèse de Doctorat. Université
- Alexander M., (1982). Introduction to soil microbiology, 2nd edict. j.wily and sons inc, 467 ps.
- Amir S., (2005). Contribution a la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse, 312p.
- Baeta-Hall, L., Ce'u. Sa'a'gua, M., Lourdes Bartolomev, M., Anselmo, A.M., Fernanda Rosa, M., (2005). Bio-degradation of olive oil husks incomposting aerated piles. Bioresour. Technol. 96, 69–78.
- Bernal M.P., C. Paredes, Sanchez M.M.A., Cegarra J., (1998). Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. Bioresource Technology 63:91-99.

- Bouhaouach H., Culot M., Kouki K., (2009). Compostage et valorisation des déchets oasiens pour l'amélioration des sols et de la productivité agriculture durable en région méditerranéenne (Symbiose international) . Maroc .pp 05.
- Bremer, J.M., Mulvaney, C.S., (1982). Nitrogen-total. In: Methods of Soil Analysis, second ed. Am. Soc.
- Demir K., Sahin O., Kadioglu Y.K., Pilbeam D.J., Gunes A. (2010). Essential and non-essential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. *Scientia Horticulturae*, 127, 16–22.
- Daimen A., Guide de traitements de déchets .Ed5 Paris.
- Devišcher S., (1997). Le compost. Mémoire D.E.S.S., université Picardie, 60 p.
- Dommergues Y et Mangenot F., (1970). Ecologie microbienne du sol .Masson et Cie Editeurs, Paris, 796 p.
- El-jalil, M.H., Zinedine A., Faid M., (2008). Some microbiological and chemical properties of poultry wastes manure after lactic acid fermentation. *Int. J. Agri. Biol.*, 10: 405–11
- Francou C., (2003). Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage – Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de Doctorat, Institut national agronomique Paris- Grignon, 289p.
- Goyal, S., Dhull, S.K. and Kapoor, K.K. (2005). Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity, *Bioresource Technology*, 96: 584–1591.
- Harmon BW, Fontenot JP, Webb KE. (1975). Fermentation, nitrogen utilization, digestibility and palatability of broiler litter ensiled with high moisture corn grain. *Journal of Animal Science*; 40:144–52.
- Hassen A., Belguith K., Jedidi N., Hassen A., Cherif A., Cherif M., Boudabous A., (2001). Microbial characteristics during composition of municipal solid waste. *Bioresourcetechnology* . 80, 217–225.
- Jacques G., Bieri M., Chardonnens M., (2004). Influences des composts et des digestats sur l'environnement, la fertilité des sols et la santé des plantes. pp 16.
- Jalil M.H. El., Faid M., Elyachioui M., (2001) . A biotechnological process for treatment and recycling poultry wastes manure as a feed ingredient. *Biomass and Bioenergy*. 21, 301–309.
- Kherrati, B., M. Faid, M. Elyachioui and A. Wahmane, (1998). Process for recycling slaughterhouse wastes and by-products by fermentation. *Bio resour Technol.*, 63: 75–9.
- Klamer M., Baath E., (1998). Microbial community dynamics during composting of straw material studied using phospholipids fatty acid analysis FEMS Microbiology Ecology, 27, 9-20.
- Meunchang, S., Panichsakpatana, S., Weaver, R.W., (2005). Co-composting of filter cake and bagasse; by-products from a sugar mill. *Biores. Technol.* 96, 437– 442.
- Mounaïm H.E., Faid, M., El yachioui M., (2003). *Cahiers Agricultures*. Volume 12, Number 3, pp Volume 12, Number 3, 175-80.
- Mustin M., (1987). Le compost, Gestion de la Matière Organique, France, 954p.
- ONM, (2011). Office national de météorologie 5 (station Ouargla) Algérie. Paul Cézanne AIX-Marseille III, 189p.
- Soltner D., (2003). Les bases de la production végétale, tome I, le sol et son amélioration. Edition collection science technique agricole, 472p.
- Soudi, B., Chian C.N., 1990. Nitrogen mineralization in semi arid and area of Morocco: Rate constant variation with depth . *Soil Sci*; 54: 756-761.
- Sundberg C., Smars S., Jonsson H., (2004). Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technol.*, 95, 145–150.
- Znaïdi I. A., (2002). Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Thèse de magistère ,85p.

## Etude de l'aspect toxicologique des boues sur la qualité nutritionnelle du blé dur: Approche à l'étude sur la fertilité du sol

Boudjabi S.<sup>1\*</sup>, Kribaa M.<sup>2</sup>, Saadoun T.<sup>2</sup>, Tamrabet L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature, Université de Tébessa/Université Hadj Lakhdar, Batna, Algérie. \*Email : [soniabeida@yahoo.fr](mailto:soniabeida@yahoo.fr)

<sup>2</sup>Université des Sciences Ferhat Abass, Sétif, Algérie. Kribaa58gmail.com.

<sup>3</sup>Université Hadj Lakhdar, Batna, Algérie. Saadoot@hotmail.com

<sup>3</sup>Université des Sciences Oum El Bouaghuï, Algérie.

### RESUME

Pour mettre en relief l'effet de l'épandage des boues résiduelles sur quelques paramètres de la fertilité du sol et sur l'accumulation de quatre métaux lourds Cd, Zn, Pb, Cu dans le sol et leurs transfert vers les cultures, une expérimentation sous serre en verre a été menée à la faculté des sciences exactes et sciences de la nature de l'Université de Tébessa. Pour ce faire, un apport de quatre doses de boues a été appliqué dans des pots en plastique reparti en quatre niveaux de concentration (0 t/ha, 20 t/ha, 50 t/ha et 100 t/ha).

A titre de comparaison, nous avons rajouté un cinquième niveau qui correspond à une fumure minérale "Urée" avec un apport de 35 kg/ha d'azote. L'apport de ces doses de fumures a été fait en trois répétitions. Deux variétés de blé dur ont été choisies comme plante de culture (Waha et Mohammed Ben Bachir).

Les résultats montrent une accumulation significative de Zn, Pb et Cu dans le sol contrairement au Cd. Aussi, le transfert de ces métaux lourds vers le grain de blé est très faible. La biomasse aérienne formée dans les pots amendée par la boue résiduelle est significativement supérieure aux plantes témoins et à celles obtenues dans les pots ayant reçu l'urée. On note une augmentation significative et importante de phosphore assimilable et de nitrates dans le sol traité par les boues qui est aussi supérieure à la fumure minérale et au sol témoin.

**Mots clés:** Boue résiduelle, blé dur, biomasse aérienne, métaux lourds, nitrates, phosphore assimilable.

### 1. INTRODUCTION

L'accroissement démographique que connaissent plusieurs pays, incite une demande d'augmentation des produits agricoles afin de satisfaire le besoin alimentaire des populations. D'autre part, plusieurs auteurs (Robert et al., 1993; Dridi et al., 1999) ont montré à travers leurs recherches que l'épandage des boues résiduelles, représente une alternative efficace pour l'amélioration de la production végétale. Cependant, l'utilisation de ce bio solide n'est pas sans danger car l'accumulation des métaux lourds existant dans les boues résiduelles peut constituer un risque majeur pour la santé des hommes, des animaux et pour l'écosystème en général. (Bhogal et al., 2003). Dans ce but pour donner des éléments d'approche sur le risque écotoxicologique encourue par l'homme, nous avons mené une expérimentation afin d'évaluer d'une part les teneurs totales des métaux lourds (Cd, Cu, Pb, Zn) dans le sol et dans le grain de blé comme aliment de base de la région de Tébessa (région située dans le sud Est Algérien), de mieux appréhender ainsi l'ampleur de la contamination par ces boues, et d'autre part de faire sortir l'effet positif de ces boues sur les caractéristiques chimiques du sol et sur l'amélioration des rendements de culture.

### 2. MATERIELS ET METHODES

Le matériel végétal se compose des grains de blé dur dont deux variétés ont été choisies: *Waha et Mohammed ben Bachir (MBB)*, les grains furent ramenées de L'OAIC de Tébessa. La boue résiduelle est une **boue activée** et a pour origine la station d'épuration de Sétif, une ville dans la région du nord Est de l'Algérie. Elle a été séchée dans l'étuve à 80 °C, puis broyée et tamisée dans un tamis de 2 mm de diamètre.

L'essai est réalisé sous serre en verre, dans des pots en plastique de 0.16m<sup>2</sup> de surface et contenant 12 kilogrammes de sol de la région. Les pots sont mis en place dans un dispositif en bloc avec trois répétitions, chaque répétition compte cinq niveaux d'amendement pour chaque variété utilisée. Le témoin T sans fertilisation; le traitement B1 qui correspond à 20 t/ha; B2 50 t/ha et B3 100 t/ha de

matière sèche de boue et enfin le dernier niveau qui correspond au traitement par une fumure minérale à base d'azote qui est l'urée (N) avec une dose de 35kg N/ha. Le semis a été réalisé par la mise de 30grains par pot, les pots bien arrosés sont placés dans la serre, l'apport de la boue résiduaire est effectué le même jour que celui du semis; l'irrigation est faite régulièrement en prenant en compte la capacité au champ du sol.

Les échantillons de sol et de la boue résiduaire ont été analysés. Les caractéristiques figurent dans le tableau 1.

**Tableau 1.**Caractéristiques des boues et du sol utilisés

Eléments	Sol	Boues
Carbone (%)	0.15%	18.80%
Phosphore Total (%)	2.6mg/g	20.18mg/g
CE $\mu$ s/cm	842 $\mu$ s/cm	1960 $\mu$ s/cm
Type de sol	Limono-argileux	
Salinité(‰)	0.3	2.5
Nitrates(mg/kg)	16.2	51
Calcaire total %	11,2	-
Azote Total (%)	2.128%	6.04 %
Les métaux lourds (ppm)		
Fe	4,90	6,60
Mn	26,60	/
Cu	7,4	181,5
Zn	38,90	1195,8
Pb	12,05	293
Cd	-	-

Le suivi de la végétation a porté sur la mesure de la biomasse aérienne produite au stade épiaison qui est déterminée par la moyenne d'une prise du poids de trois plants par pot. Le reste des plantes a servi pour obtenir les grains afin de tester la teneur des métaux lourds. Les grains obtenus à maturation sont transformés en mouture <1  $\mu$ m de diamètre.

L'analyse physicochimique du sol a été réalisée en fin d'expérimentation. Pour cela les échantillons de sol ont été tamisés dans un tamis de 2mm de diamètre. Les paramètres pris en compte pour le sol sont le phosphore assimilable qui a été déterminé par la méthode Olsen 1954 (Bonneau *et al.*, 1994) et les nitrates par la méthode de Rodier et al., 1996. Les analyses ont été faites au laboratoire du département de Biologie de la Faculté des Sciences de Tébessa. En ce qui concerne l'analyse des métaux lourds dans le grain du blé et dans le sol, les mesures ont été effectuées à l'Observatoire Midi Pyrénées (CNRS) de Toulouse (France). Toutes les préparations sont faites en salle blanche. Les échantillons sont préalablement séchés puis broyés en forme de poudre très fin < 100 $\mu$

Les échantillons de sol, le geostandard (SRM 2709a) et le blanc de mesure ont subi en premier lieu une minéralisation dans un four à micro onde à haute pression (PSI =200) pendant 10mn. Après, chaque solution d'attaque est transférée dans un bécher Savillex propre et préalablement pesé à vide, le maximum de matière est récupéré en utilisant 5 ml d'eau ultra pure obtenue à partir d'un système Milli-Q. Pour l'étape d'évaporation à sec des échantillons, les béciers savillex ouverts sont mis dans l'Evapoclean (hotte à flux laminaires) durant plusieurs heures. La dernière étape consiste en une dilution du résidu avec de l'acide nitrique diluée. L'ensemble est transvasé dans des piluliers propres pour une lecture par l'ICP AES.

Les échantillons de grains subissent les mêmes étapes que celles suivies pour le sol. Dans ce cas, le standard utilisé (1575a).

Les résultats obtenus de la lecture par ICP ont été soumis à une analyse de la variance à l'aide du logiciel statistica 6.0. Pour la comparaison relative des doses de traitement, nous avons utilisé le test de Newman et Keuls.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

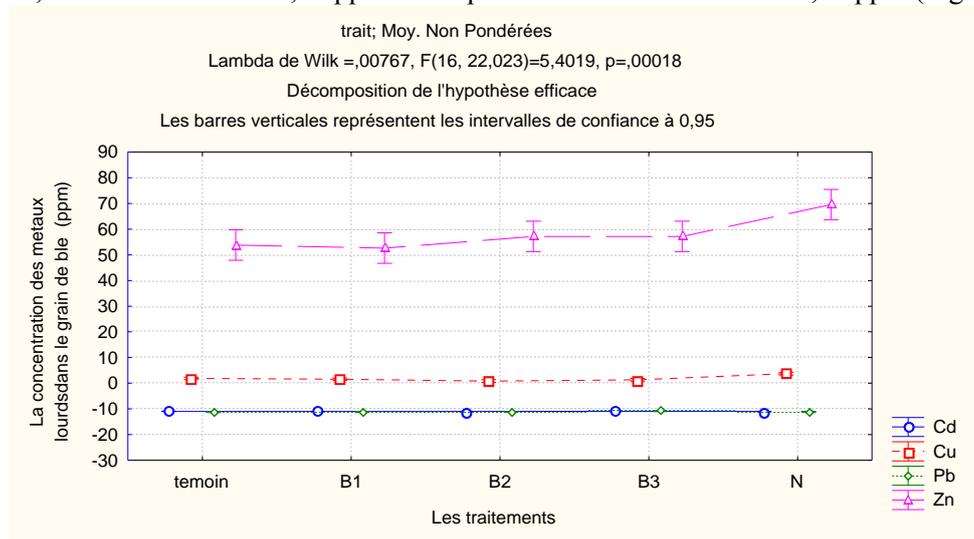
Les résultats relatifs aux quantités de métaux lourds dans le grain de blé, montrent que les teneurs du Pb et du Cd sont très faibles et non significatives. Les valeurs obtenues par ICP sont largement inférieures à la limite de quantification. Pour l'élément Cu et Zn, contrairement au Cd et Pb l'analyse de la variance indique un effet significatif du traitement.

Pour le Cu (MC= 69,54\*\*\*,  $P < 0.05$ ), dans ce cas seule la fumure minérale apporte une augmentation significative par rapport au témoin, elle détient la plus haute valeur 3.7ppm alors que les plantes traitées par la boue résiduaire montrent des teneurs inférieures: avec le niveau de traitement B3 nous obtenons 1.35ppm, le témoin de son côté note 1,8ppm. Ainsi à l'issue de cette étude, les groupes obtenus par le test de Newman et Keuls sont par ordre décroissant : N>B2, T, B1, B3.

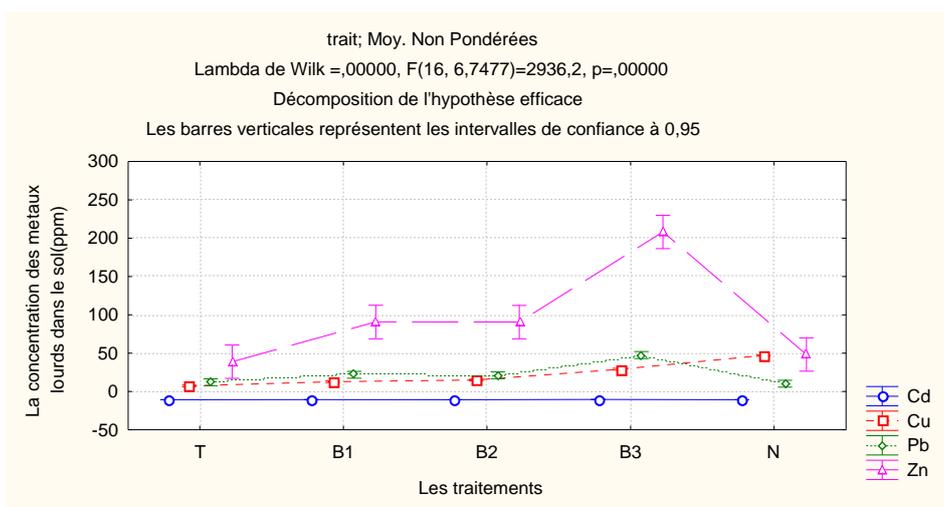
Par ailleurs, nous avons observé pour le Zn la même tendance que celle obtenue avec l'élément cuivre. Les traitements boues apportent des teneurs inférieures à celles apportées par la fumure minérale qui varient entre 52,62 ppm pour le premier niveau de traitement boue et 57,15 ppm pour la plus forte dose de boue. Il convient de noter que ces valeurs sont proches de celle du témoin 56,05ppm. L'urée note la plus forte teneur 69,55 ppm. Le test de Newman et Keuls montre les groupes suivants : N>B2, B3, T, B1 (Figure1).

Comme pour le blé, l'évolution de la teneur du Cd dans le sol montre de très faibles valeurs inférieures aussi à la limite de quantification. Cependant pour l'élément cuivre les résultats obtenus pour les traitements boues sont significativement supérieurs à ceux du témoin, mais inférieurs à la teneur observée pour la fumure minérale 47 ppm. En effet, les valeurs obtenues sur les échantillons traitement boues varient entre 12,75 et 29,15 ppm respectivement pour le premier niveau B1 et la plus forte dose de boue B3, le témoin ayant une concentration de 7,4 ppm.

L'analyse statistique comparant les teneurs de zinc entre les différents sols testés montre un profil différent à celui du cuivre. En effet, la concentration en Zn augmente dans le sol suite à l'amendement boue et varie en fonction des doses appliquées : on note 90,70 ppm pour le niveau B1 et 208,1 ppm pour la plus forte dose de boue. Cependant, la fumure minérale n'apporte aucune différence significative, la valeur obtenue 48,30 ppm est supérieure à celle du témoin 38,90 ppm (Figure 2).



**Figure 1.** Effet des traitements sur la concentration des métaux lourds dans le blé  
 B1: 20 t/ha de boue, B2: 50t /ha de boue, B3: 100 t/ha de boue, N: 35 kgN/ha



**Figure 2.** Effet des traitements sur la concentration des métaux lourds dans le sol  
 B1: 20 t/ha de boue, B2 : 50 t/ha de boue, B3: 100 t/ha de boue, N: 35 kgN/ha

Le test de Newman et Keuls indique le profil décroissant suivant B3>B1, B2>T, N. La comparaison des moyennes obtenues pour le Pb dans le sol montre des résultats contraires aux moyennes obtenues pour le blé. L'épandage des boues résiduaires implique une accumulation de Pb dans le sol qui s'observe surtout avec la plus forte dose de boue : 47,60 ppm. Le test de Newman laisse voir les groupes suivants B3>B1, B2>T, N.

L'application des boues s'est manifestée par un accroissement significatif des nitrates, l'analyse de la variance suivie du test de Newman et Keuls a montré que les concentrations varient suivant le traitement et les doses de boues appliquées.

L'apport de l'Urée et les fortes doses d'épandages de boues 50 et 100 t/ha, ont eu un impact significatif et très net sur les concentrations totales des nitrates dans le sol. Il se dégage aussi de cette étude que la fumure minérale détient une concentration supérieure aux doses 50 et 20 t/ha de boue. En revanche; quatre groupes ont été dégagés de cette étude dans l'ordre décroissant nous avons: La dose 100 t/ha qui donne la valeur 17.60 mg/kg, suivie par la fumure minérale (Urée) avec 13.70 mg/kg puis le niveau boue 50 t/ha (8.63 mg/kg) et enfin le dernier groupe qui est représenté par la dose 20 t/ha et le témoin qui donnent, respectivement, 2.10 et 1.49 mg/kg. (Figure3).

L'analyse de la variance suivie par le test de Newman et Keuls pour les résultats obtenus concernant les teneurs en Phosphore assimilable, montre que les trois doses de traitements boues entraînent par rapport à la fumure minérale un enrichissement significatif du sol en cet élément assimilable. Cependant, l'effet de l'Urée est non significatif. Aussi, on note une tendance vers une augmentation intéressante des concentrations du phosphore assimilable en fonction des doses de boues appliquées ( $R^2= 0.63$ ) avec des différences significatives entre les différentes concentrations obtenues. On obtient pour la dose de boue 20, 50 et 100 t/ha les teneurs, respectives, suivantes: 21.53  $\mu\text{g/g}$ , 31.25  $\mu\text{g/g}$ , 57.67 $\mu\text{g/g}$ , alors que le témoin et la fumure minérale laissent observer, respectivement, les valeurs 6.65  $\mu\text{g/g}$ , 4.32  $\mu\text{g/g}$  (Figure 4).

Ainsi, il se dégage de cette étude quatre groupes dans l'ordre décroissant suivant : boue100 t/ha>boue 50t/ha>boue 20 t/ha>Urée et enfin le témoin.

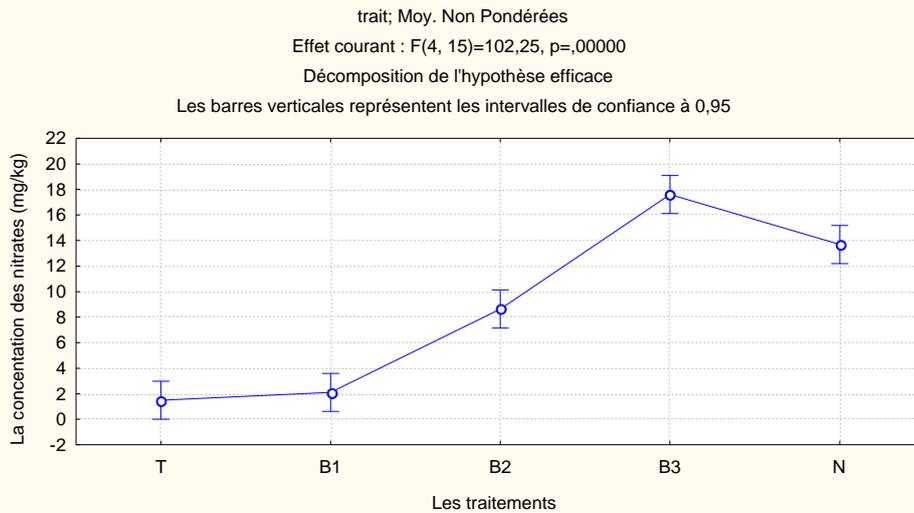


Figure 3. Effet des traitements sur la teneur du sol en nitrates (mg/kg)

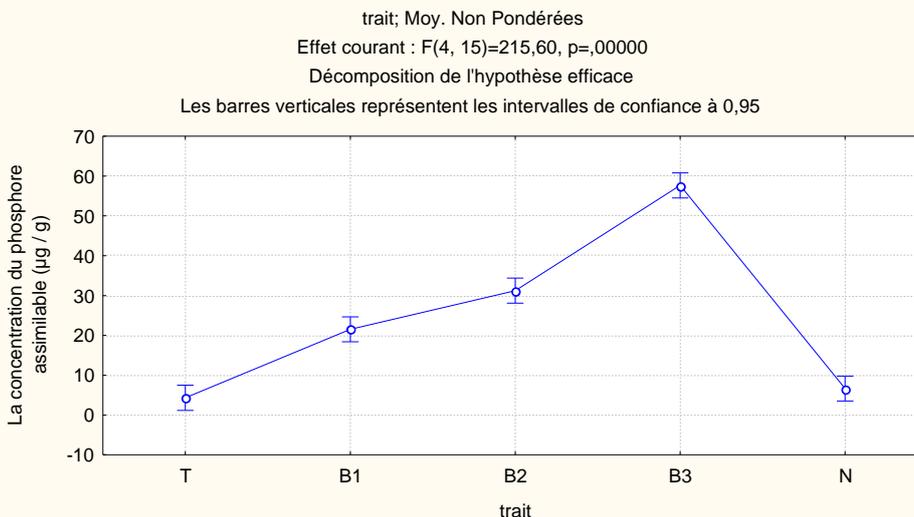


Figure 4. Effet des traitements sur la teneur du sol en Phosphore assimilable (µg/g).

L'analyse de la boue en élément Pb et Cd indique de faibles valeurs (Tableau 1). La basse concentration de ces deux métaux lourds dans les boues est le principal facteur pouvant limiter leur accumulation dans le grain de blé. Il est important aussi de noter que les valeurs observées sont inférieures aux normes fixées par Afnor 1985-1998 et qui sont de l'ordre de 40 ppm pour le Cd et 800 ppm pour le Pb.

Pour le cuivre et le zinc, toujours dans le grain de blé l'urée joue un rôle positif qui a favorisé la mobilité de ces deux éléments surtout le cuivre, cette mobilité étant en relation avec les phénomènes de nitrification. En effet, Dehaan, (1975) a signalé que l'assimilation des métaux lourds par les cultures peut être une conséquence d'une acidification des sols par nitrification, et d'autre part les concentrations obtenues restent inférieures aux niveaux maximums tolérables fixés par le "National Research Council 1980" qui sont de l'ordre de 25 ppm pour le cuivre et 300 ppm pour le zinc (Gardiner et al., 1995). Par ailleurs, ces deux éléments sont inférieurs au seuil de phytotoxicité recommandée par l'OMS (15 mg/kg) pour le cuivre et 150 mg/kg pour le zinc (Godin, 1982).

Contrairement à la fumure minérale, les boues résiduelles n'ont pas permis une accumulation de zinc et de cuivre dans le grain de blé. Nous pensons que ces faibles valeurs observées sont dues à la rétention de ces éléments par le phénomène d'adsorption sur les surfaces organiques et minérales ce qui a limité sa biodisponibilité pour les plantes.

En ce qui concerne le zinc, il est clair que l'apport des boues résiduaire a permis une accumulation visible de cet élément dans le sol, surtout pour le niveau qui correspond à la plus forte dose, plusieurs auteurs ont rapporté que les boues résiduaire sont riches en zinc. Nous pensons aussi qu'il y a libération du zinc surtout avec le niveau B3, cette accumulation est sans doute due à l'effet dose (Levi Minzi, 1990). Toute fois, les faibles teneurs observées dans les plantes en cet élément seraient peut être dues aussi à l'effet de dilution de cet métal dans la forte production de biomasse qui a eu lieu sous l'effet fertilisants des boues. (Rada, 1996., Boukhars, 1987).

En ce qui concerne l'élément cuivre, comme pour le zinc, il est clair qu'il y'a une accumulation de ce métal dans le sol. Plusieurs auteurs ont mentionné que les teneurs en métaux lourds dans les plantes sont le reflet de leurs concentrations dans la solution (Mahler el al., 1978). En effet, dans notre cas, la teneur du cuivre est importante pour les sols amendés par les boues résiduaire ce qui prouve que cette matière a joué un rôle de matrice adsorbante qui fixe le cuivre dans sa matière organique (Correy et al., 1987) et limite le transfert vers les plantes. Ceci se confirme par la faible teneur de cet élément dans le grain de blé.

L'accumulation du Pb dans le sol a pour origine les boues résiduaire. Toutefois l'apport de ce métal est limité à cause de sa faible mobilité qui est exprimée par son faible transfert au blé et qui serait du à l'accumulation de cet élément dans le sol au niveau des racines (Malone et al., 1974; Lee et al., 1981). La boue utilisée dans notre expérimentation est activée, elle a un faible effet sur l'assimilation du Pb et Cuivre (Echaab, 2002).

L'amélioration des **teneurs des nitrates** dans les sols traités par la fumure minérale montre qu'il y'a une bonne minéralisation de l'urée qui est en rapport avec les bonnes conditions d'expérimentation enregistrées au cours de notre essai, notamment un pH optimum au voisinage de la neutralité et aussi un optimum de température entre 28 et 30°C (Grimaud, 1996). Dans les boues, l'azote est présent sous deux formes: l'azote organique, l'azote minéral (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Grimaud (1996) et Chaussod et al (1981) considèrent qu'après épandage les boues urbaines libèrent 30 à 40 % de leur azote total assez rapidement dans le sol.

La disponibilité potentielle de l'azote des boues contribue donc à augmenter les nitrates dans les sols traités. Cette augmentation est significativement nette et supérieure à la fumure minérale pour la dose 100 t/ha de boue. Nous pensons que ceci est en rapport avec la forte teneur en carbone organique et aussi à l'humidité qui ont favorisé le bon déroulement des processus de la nitrification. (Trinsoutrot et al., 2000 ; Courtney, 2007) .

A la suite des apports de boues, les réserves en phosphore assimilable paraît couvrir les besoins de la plante. L'application des boues résiduaire ayant permis une augmentation de la concentration du phosphore total et assimilable dans le sol, nous pensons que ceci s'explique par une forte charge de cet élément dans les boues (Shober et Sims, 2003 ; Mantovi et al., 2005). La boue résiduaire urbaine est une source très riche en élément phosphore (Casado et al., 2006) et l'analyse effectuée au laboratoire sur notre boue montre sa richesse en ce minéral (Tableau 1). La forte teneur du phosphore a pour origine les détergents. D'après les résultats, les valeurs obtenues classe le sol amendé par les boues comme un sol riche en cet élément assimilable (ITM, 1975). D'un autre coté, l'augmentation est linéairement significative en fonction des doses, la plus haute teneur étant enregistrée avec la plus forte dose (B3) (Breslin, 1999; Sing, 2007).

Il ressort de l'étude des moyennes obtenues pour les deux variétés de blé utilisées, que la biomasse aérienne formée pour les plantes amendées par la boue résiduaire est supérieure à celle du témoin et à celle de la fumure minérale. Les observations sur la biomasse produite au stade épiaison concluent à une ressemblance du comportement des deux variétés; nous obtenons une augmentation de la matière sèche qui est relative aux doses de boues résiduaire utilisées et qui est plus déterminante avec la dose 100t/ha. L'étude des valeurs montre aussi que la biomasse formée par les plantes MBB pour cette dose (100 t/ha) présente une amélioration de 268% par rapport au témoin, valeur double à celle de waha 131% (Figure 5).

Par contre, les moyennes obtenues avec la fumure minérale sont légèrement inférieures à celles du témoin, nous observons une diminution de -7% et -5% respectivement pour les deux variétés Waha et MBB. Ces résultats laissent supposer un effet négatif du à l'accumulation des métaux lourds étudiés. L'amélioration de la biomasse à pour origine une augmentation du nombre de talles produits par les deux variétés et aussi de la surface foliaire qui se voit à travers les plantes de notre expérimentation.

Les boues résiduaires libèrent progressivement les éléments nutritifs et notamment l'azote pour le mettre à la disposition de la plante, ce qui favorise une bonne nutrition de celle-ci et par conséquent une bonne croissance.(Pascual et al., 2007).

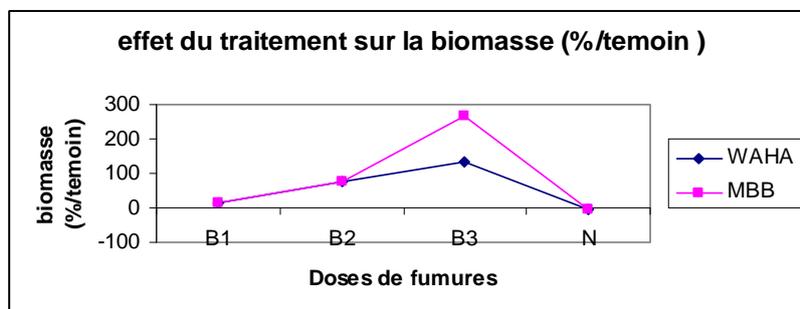


Figure 5. Effet des traitements sur la biomasse aérienne formée (%/ témoin)

#### 4. CONCLUSION

A la lumière des résultats, nous pouvons conclure que l'apport des boues résiduaires pour les métaux lourds testés a été très fortement limité du fait que les concentrations obtenues dans le grain de blé n'ont pas dépassé les normes. Cependant l'accumulation de l'élément zinc et Pb et cuivre dans le sol pourrait avec le temps limiter la valorisation agronomique de ce bio solide. Ainsi il ressort donc de cette étude qu'il y a des mesures à prendre en considération pour limiter le risque de contamination et gérer mieux ainsi l'utilisation de cette matière dans l'amélioration des rendements de culture à savoir que l'apport de ce biosolide permet de restructurer quelques paramètres de fertilité du sol.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afnor, (1985). Norme homologuée NF U44 041 :Matières fertilisantes boues des ouvrages de traitement des eaux usées urbaines.
- Afnor, (1998). Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 8
- Décembre (1997) relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées. Nor:ATE E 9760538A, Bulletin 245.
- Bhogal A, Nicholason A, Chambers B.J, Shepherd M.A. (2003). Effects of past sewage sludge additions on heavy metal availability in light textured soils for crop yields and metal uptakes. *Environmental pollution* **121** 413-423.
- Boukhars L., (1987). Effet de l'utilisation de différentes sources de métaux lourds (eaux usées brutes et traitées, boues, sels métalliques) sur leur transfert aux plantes – Rapport avec la salinité du sol. Thèse de 3ème cycle, Uni Cadi Ayyad . Semlalia .Merrakech, 150p.
- Bonneau J.M., Souchier B. (1994). Constituants et propriétés du sol, Tome 2, Ed Masson, 665p.
- Breslin V.T.1999.Retention of metals in agricultural soils after amending with MSW and MSW-biosolids compost. *Water Air Soil Pollut.* **109**, 163–178.
- Chaussod R, (1981). La qualité biologique des sols évaluation et implications. *Etude et Gestion des sols*, **3**,4 1996.
- Echaab A, (2002). Aspect écotoxicologique de la valorisation agricole des boues de stations d'épuration des eaux usées: comportement des métaux lourds. Thèse de doctorat présenté à la Faculté des sciences Cadi Ayyad . Semlalia – Merrakech. 304p.
- Dehaan S, (1975). Land application of liquid municipal wastewater sludges. *JWat. Poll.Control*, **47**, 2707- 2710.
- Dridi B, Toumi C. (1999). Influence d'amendements organiques et d'apport de boues sur les propriétés d'un sol cultivé. *Etude et gestion des sols* **6**- 1 pp 7-14.
- Casado V, Selle's J, Navarro S.J, Bustamante M.A., Mataix J, Guerrero C, Gomez I. (2006). Evaluation of composted sewage sludge as nutritional source for horticultural soils, *Waste management* **26**, 956-952.

- Corey B.R. King L. D. Lue – Hing C. Fanning DS. (1987). Effects of sludge properties on accumulation of trace elements by crops. In land Effects of sludge - food Chain Implications (eds A Page, T.J. Logan J. A.) 25 -51, Lewis Publishers.
- Courtney RA.G, Mullen G.J. (2007). Soil quality and Barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresource. Technology*. **99**.2 913- 2918.
- Gardiner DT, Miller R.W, Badamchian B, Azzari A.S, Sisson D.R.(1995). Effects of repeated sewage sludge applications on plant accumulations of heavy metals. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **55**.1-6.
- Grimaud, L. (1996). La valorisation des boues de station d'épuration en agriculture. Mém.D.U. "Eau et Environnement", D.E.P., univ. Picardie, Amiens, 44 p.
- Godin P, (1982). Les sources de pollution des sols: Essai de quantification des risques dus aux éléments traces. *Sci. Sol*, **2**,73-78.
- ITM, (1975). Laboratoire du sol, méthodes d'analyse physiques et chimiques du sol. Institut de Technologie Agricole de Mostaganem.102pp.
- Lee C.R, Surgis T.C, Landin M.C. (1981). Heavy metal uptake by marsh plants in hydroponic solution cultures. *J.Plant Nutr.***3**.139 -151.
- Levi Minzi R, Riffoldi, R, Saviozzi A. (1990). Carbon mineralization in soil amended with different organic materials. *Agric. Ecosystems. Environ.***31 (4)** 321 – 335.
- Mantovi P., Guido B., Giovanni T. (2005). Reuse of liquid, dewatered and composted sewage sludge on agricultural land: Effect of long term application on soil and crop. *Journal of Water Research*, **39**. 289 – 296p.
- Mahler R.J, Bingham F.T, Page A.L. (1978). Cadmium-enriched sewage sludge application to acid and calcareous soils: Effect on yield and Cadmium uptake by lettuce and chard. *J. Environ. Qual.*, **7 (2)**,274 – 281.
- Malone C., Koeppe D.E, Miller R.J. (1974). Localisation of lead accumulated by corn plants. *Plant physiol.*, **53**.388-394.
- Mata-Gonzalez R., Sosebee R.E., Wan C. (2002). Physiological impacts of biosolids application in desert grasses. *Environ. Exp. Bot* **48**.139- 148.
- Pascual M., Carmen A., Carlos G., Alfredo Polo, Manuel Sanchez D. (2007). Effect of water deficit on microbial characteristics in soil amended with sewage sludge or inorganic fertilizer under laboratory conditions. *Bioresource Technology*, **98**, 29-37.
- Rada A., Elgharmali A., Elmaray M., Morel J.L.(1996). Bioavailability of cadmium and copper in two soils from the sewage farm of Marrakech city (Marocco): Effect of earthworms. *Agricoltura Mediterranea*, **126(4)**, 364-368.
- Rodier M., Cambier P. (1993). Conditions de valorisation des boues en agriculture. Consequences sur le traitement des boues, In Barraqué B, Ed. La ville et le génie de l'environnement. Paris: Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, 49- 64.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.C., Chambon P., Champsaur H., Rodi L. (1996). L'analyse de l'eau. 8ème édition. Dunod. Paris, 1383 p.
- Shober A.L, Sims J.T.(2003). Phosphorus restrictions for land application of biosolids. *J. Environ. Qual.*, **32**, 958-954.
- Singh, R.P., Agrawal M., (2007). Effects of sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of Beta vulgaris plants. *Chemosphere*, **67**, 2229- 2240.
- Trinsoutrot I., Nicolardot B., Justes E.S., (2000). Decomposition in the field of residues of oilseed rape grown at two levels of N fertilisation: effects on the dynamics of soil mineral N between successive crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **56**,125–137.

## Effet d'un compost oasien sur la culture de la luzerne (*Medicago sativa* L.)

Haddad Mansour

Institut des Régions Arides, 6051 Ennahel, Gabès, Tunisie  
Mansour.haddad@ira.rnrt.tn

### RESUME

Ce travail s'est intéressé à étudier l'effet d'un compost oasien à base de sous produits de palmier dattier sur le développement de la luzerne. Cette étude a permis de montrer que l'utilisation de compost n'a pas engendré une modification des paramètres de croissance et des teneurs de potassium et de sodium de la luzerne par comparaison avec le fumier. Cependant, l'utilisation de compost a permis d'augmenter la teneur de l'azote et de phosphore dans la plante, après six mois de culture.

**Mots clés:** oasis, compost, luzerne, développement, nutrition minérale

### SUMMARY

This research is reserved to study the effect of compost based on organic waste from date palm tree on the development of alfalfa. For the mineral nutrition, the use of compost didn't generate a modification in potassium and sodium contents of alfalfa. However, by comparison with manure the utilization of compost allows the increase in nitrogen and phosphorus content of the plant, after six months of cropping.

**Key words:** oasis, compost, alfalfa, development, mineral nutrition

### 1. INTRODUCTION

Les oasis sont des milieux anciennement et intensivement cultivées. La diminution de la fertilité du sol après une agriculture trop intensive ou inappropriée, se caractérise par une perte de la matière organique stable dans les sols et une sensibilité accrue des plantes aux déséquilibres nutritionnels et aux maladies. Dans les oasis, traditionnellement le fumier est épandu en surface, avant le semis sans un compostage au préalable. La décomposition des matières organique simultanée à la croissance des plantes peut handicaper celle-ci au lieu d'améliorer le développement (Haddad, 2007). De plus, dans les oasis, on assiste à un développement inconsidéré de l'utilisation des engrais chimiques. L'utilisation de cette fertilisation minérale est anarchique, abusive et non raisonnée. Il en résulte une dépendance accrue des agriculteurs et une menace de l'équilibre biologique de ce milieu très fragilisé. Ceci justifie le développement d'un élevage intégré à base de luzerne (*Medicago sativa* L.). En effet cette légumineuse permet largement de contribuer à améliorer la fertilité des sols. Par ailleurs, Les sous produits de palmier dattier, utilisés jadis pour la vie quotidienne de l'oasien sont de nos jours abandonnés au profit des produits manufacturés. Ces sous produits constituent des foyers préférentiels aux ravageurs et aux agents pathogènes des cultures. Pour s'affranchir de la gravité des problèmes susmentionnés, le recyclage des sous produits du palmier dattier après un compostage au préalable et le renforcement de la culture de la luzerne seraient très bénéfiques. L'objectif de cette étude est d'étudier l'influence d'un compost à base de sous produit de palmier sur le développement de la culture de la luzerne et de comparer son effet avec l'utilisation des fumiers produits par les agriculteurs.

### 2. MATERIELS ET METHODES

Pour la réalisation de ce travail, des semences de luzerne (*Medicago sativa* L.) collectées dans l'oasis de Chenini ont été utilisées. L'essai expérimental est conduit en plein champ dans les conditions oasiennes dans 16 parcelles élémentaires (PE) d'une forme carrée chacune de 2 m de côté. Deux traitements ; compost et fumier ont été appliqués à raison de 2 kg/m<sup>2</sup> (Ce qui correspond à 20 Tonne/ha) à raison de 8 répétitions pour chaque traitement. Les observations ont porté sur les paramètres de croissance et de production. Six coupes ont été réalisées. Les observations ont porté sur

- La phytomasse fraîche, la matière sèche des tiges et des feuilles, La surface de la feuille (SF) ainsi que la hauteur des plantules.

- Dosage des minéraux: Le dosage du potassium, du sodium par spectrophotométrie d'absorption atomique, le dosage du phosphore se fait par photométrie à flamme et le dosage d'azote se fait par la méthode de Kjeldahl.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### *Influence de type d'amendement sur les paramètres de croissance*

L'influence de type d'amendement sur les différents paramètres étudiés est récapitulée par le tableau 1. On remarque que les valeurs moyennes de tous les paramètres sont comparables et que les différences ne sont pas statistiquement significatives.

**Tableau 1.** Influence du type d'amendement sur les paramètres de croissances

	<b>Compost</b>	<b>Fumier</b>
MF (g/m <sup>2</sup> )	1516,625 a	1546,225 a
MS (g/100gMF)	19,292 a	19,5 a
SF (cm <sup>2</sup> )	2,687 a	2,875 a
Haut (cm)	35,75 a	36,333 a

Les valeurs affectées d'un même indice ne sont pas statistiquement différentes, au seuil de 5 %, par le test de Student, Newman & Keuls.

MF : Matière fraîche, SF : Surface foliaire, Haut : Hauteur, MS : Matière sèche

D'après ces résultats nous pouvons conclure que ce compost appliqué à raison de 2 Kg/m<sup>2</sup> (ce qui correspond à 20 tonnes/ha qui est la dose du fumier communément utilisées dans les oasis), a pu remplacer les fumiers. Dalzell *et al.* (1988) ont montré que le taux optimum qui doit être appliqué est de l'ordre de 25 à 40 tonne/hectare afin d'améliorer la croissance et la production. Les propriétés fertilisantes de compost ne sont pas négligeables, mais elles peuvent être améliorées par l'addition des fertilisants chimique.

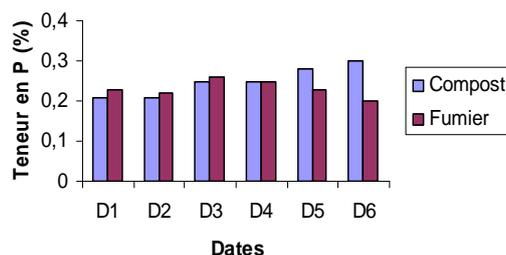
#### *Influence de type d'amendement sur la teneur en minéraux*

##### *Teneur en phosphore*

La Figure 1 montre l'influence du type d'amendement sur la teneur en phosphore à chaque coupe. Selon cette figure on remarque que pour chaque traitement, la teneur de phosphore n'est pas stable d'une coupe à l'autre, mais elle subit une légère variation. La faible disponibilité de P dans le sol au début de traitement conduit à des niveaux d'accumulation bas surtout à la première coupe, alors que l'augmentation de la potentialités de croissance exprimées aux dernières coupes auraient conduit à une forte utilisation de cet élément pour la croissance.

Pour les quatre premières coupes, on remarque que les teneurs moyennes en phosphore de traitement fumier sont légèrement supérieures à celles de traitement compost.

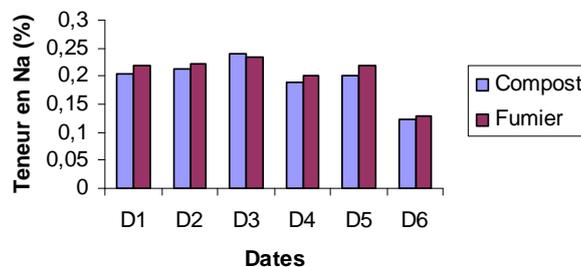
Pendant la cinquième et la sixième coupe, on remarque que les teneurs moyennes du phosphore de traitement compost sont plus élevées que pour le traitement fumier, ceci signifie que la disponibilité de P est plus importante à la fin qu'au début de l'application du compost. Les données bibliographiques relatives à la disponibilité du phosphore après l'apport du compost sont parfois contradictoires. Ainsi, selon Dick et Mc Coy (1993), le phosphore apporté par le compost serait totalement accessible pour les plantes dès la première année de l'application de cette fumure organique. D'autres études signalent, par contre que les plantes n'utilisent qu'une faible quantité de P apporté par le compost ; ceci est lié au fait que l'amendement des sols par le compost, augmente la capacité des sols à fournir des larges quantités endogènes (Baziramakenga et Simard, 2001).



**Figure 1.** Influence de deux traitements sur la teneur moyenne en phosphore pour les six coupes (moyenne de huit répétitions)

### *Teneur en sodium*

La Figure 2 illustre l'influence de type d'amendement sur la teneur en sodium pour les six coupes. Cette figure, montre que pour les deux traitements, la teneur moyenne en sodium augmente progressivement pour les trois premières coupes puis diminue jusqu'à atteindre les teneurs minimales pendant la sixième coupe. L'analyse statistique montre que les différences ne sont pas significatives.

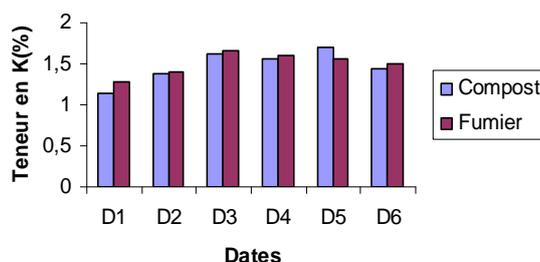


**Figure 2.** Influence de deux traitements sur la teneur moyenne en sodium de huit répétitions pour les six coupes (moyenne de huit répétitions)

### *Teneur en potassium*

La Figure 3 montre l'influence de type d'amendement sur la teneur de potassium à chaque observation. Les teneurs moyennes de  $K^+$  varient de 1.15 à 1.7 % pour le traitement compost et de 1.28 à 1.66 % pour le traitement fumier, donc ces teneurs sont comparables, elles subissent une augmentation progressive jusqu'à atteindre leur maximum vers la quatrième et la cinquième coupe. Donc, le compost ne change pas le contenu de la plante en potassium

Ces résultats coïncident avec celle de Simard et *al.* (1998), en utilisant un compost urbain sur la culture de choux, cependant d'après Chen et *al.* (1996), la disponibilité du potassium est positivement affectée par l'application de ce compost.



**Figure 3.** Influence de deux traitements sur la teneur moyenne en potassium pour les six coupes (moyenne de huit répétitions)

### Teneur en azote réduit

L'influence de type d'amendement sur la teneur moyenne de l'azote réduit est représentée par la Figure 4. Pour la première coupe, on remarque que les teneurs moyennes d'azote de la luzerne sont légèrement plus élevées pour le traitement fumier, pour les cinq dernières coupes, au contraire les teneurs sont plus élevées pour le traitement compost. De plus la teneur pour le traitement compost, subit une augmentation progressive et atteint la teneur maximale à la sixième coupe. Ces résultats montrent que la dégradation de la matière organique dans le fumier se fait rapidement, cependant celle de compost se fait progressivement, dans ce cas, l'azote qui est essentiellement sous forme organique dans les composts, est minéralisé (ammonification et nitrification) lentement pour devenir disponible aux plantes qui l'utiliserait surtout sous forme de nitrate. Le compost semble améliorer la disponibilité de l'azote pour la plante. Selon une étude réalisée en 1990, sur une culture de riz, le prélèvement d'azote était plus important dans les parcelles amendées de compost que celles recevant des fertilisants chimiques (Suzuki *et al.*, 1990).

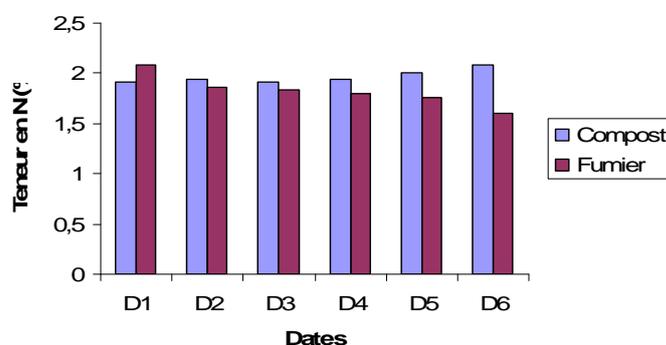


Figure 4. Influence de deux traitements sur La teneur moyenne en azote pour les six coupes (moyenne de huit répétitions)

## 4. CONCLUSION

Au terme de cette étude les conclusions suivantes peuvent être dégagées :

- Les mesures sur les paramètres de croissance (biomasse formée, matière sèche, surface foliaire et hauteur des tiges) ont permis de montrer que les mesures effectuées sur les deux traitements étaient comparables.
- L'utilisation de compost n'a pas engendré une modification de la teneur de potassium et de sodium de la luzerne par comparaison avec le fumier.
- Pour les premières coupes, la teneur en phosphore dans la plante est comparable pour les deux traitements. Cependant, enfin d'essai, cette teneur subit une augmentation importante dans les plantes issues des parcelles élémentaires amendées avec le compost. Il semble que le compost, permet de mobiliser cet élément dans la solution de sol, facilitant ainsi son utilisation par la plante.
- L'utilisation de compost a permis aussi d'augmenter la teneur de l'azote dans la plante, ceci a été observé pendant les dernières observations.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baziramakenga, R., Simard, R.R., (2001). Effect of deiking paper sludge compost on nutrient uptake and yield of snap bean and potatoes grown in rotation. *Compost science and utilisation*, 9, 115-126.
- Chen, Y., Dic, W.A., Streeter, J.G., Hointek, H.A.J., (1996). Ryegrass utilisation of nutrient released from composted biosolids and cow manure. *Compost Sci.Utiliz*, 4, 73-83.
- Dalzell, H.W., Bridleston, A.J., Gray, K.r., Thuraijan, K., 1988. Aménagement du sol. Production et usage de compost en milieu tropical et subtropical. Rome 165p.
- Dick, W.A., McCoy, E.L., (1993). Enhancing soil fertility by addition of compost. In: Hointink, H.A.J., Keener, H.M. (eds.), Science and Engineering of composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilisation Aspects, 622-644. Renaissance publications, Worthington, Ohio.

- Haddad, M., (2007). Système de production et techniques culturales en milieu oasien (oasis de Gabès). New Medit, 2.
- Simard, R.R., Coulombe, J.R., Lalande, B., Ganon, S., (1998). Use of fresh and composted deiking sludge in horticultural production. Brown, S., Angle, J.S and Jacobs, L.(éditeurs). *Beneficial co-utilisation of agricultural, municipal and industrial by-products*. Kluwer Academic.
- Suzuki, M., Kamekawa, K., Sekiya, S., Shiga, H. (1990). Effect of continous Appliction of organic Fertilizer for sixty years on soil Fertility and Rice yield . transactions of the 14<sup>th</sup> international congress of soil science , 6, 14-19.



## Effet d'un compost à base de sous produits de palmier dattier sur le comportement d'une culture de pomme de terre dans les conditions oasiennes

Mansour Haddad

Laboratoire d'Aridoculture et Cultures Oasiennes, Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie

Email : [Mansour.haddad@ira.rnrt.tn](mailto:Mansour.haddad@ira.rnrt.tn)

### RESUME

Ce travail relatif à la valorisation d'une bio ressource végétale très abondante dans les oasis (un compost à base de sous produits de palmier dattier) et été utilisé comme amendement de sol pour produire de la pomme de terre du printemps en le comparant avec le fumier dans le contexte oasien. Les résultats ont montré que le compost peut favoriser les paramètres de croissance au même titre que le fumier. En effet, les plantes cultivées sur sol + compost ont une levée plus dense et plus rapide que celles cultivées sur sol + fumier avec un nombre de tiges presque comparable que le traitement fumier. Cette bio-ressource favorise, en outre, la vigueur, la croissance en hauteur et la surface photo synthétisante de la pomme de terre. De plus, le compost améliore légèrement la production avec une qualité pratiquement comparable avec le fumier. Le pH du jus de la pomme de terre est légèrement acide, il présente une conductivité électrique très élevée avec un indice de réfraction de l'ordre de 5, la densité volumique de la pomme de terre est supérieures à 1 avec des tubercules riches en matière sèche, 23 % en moyenne.

**Mots clefs** : Oasis, compost oasien, pomme de terre, production

### SUMMARY

This research was conducted to study the effect of compost based on organic waste from date palm tree in the growth of potatoes. Results showed that the compost added to the oasis soil accelerates the first growing stadium and the high of potatoes compared to the oasis soil added with the traditional manure. However, dry matters contents were the same for these two treatments. Also, the compost decreases the undesirable herbs apparition. In fact, patches amended by manure recorded the apparition of many adventitious plants.

**Key words**: Oasis, Compost, Potatoes, Production.

### 1. INTRODUCTION

Les oasis sont des milieux anciennement et intensivement cultivées. La diminution de la fertilité du sol après une agriculture trop intensive ou inappropriée, se caractérise par une perte de la matière organique stable dans les sols et une sensibilité accrue des plantes aux déséquilibres nutritionnels et aux maladies (Abdedayem, 2004 et Haddad, 2007). Cependant, des quantités importantes de sous-produits de nature organique sont disponibles au niveau de ces oasis (Estiven, 2001). Leur recyclage par le biais de compostage, permet la production d'un compost dont les matières premières sont principalement composés de restes de végétaux et relativement peu de restes des animaux ou de substances minérales (Gobat et al, 1988 et Fuchs et al., 2001). Le compostage est un procédé de traitement intensif des déchets organiques qui met en œuvre, en les optimisant, des processus biologiques de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes (Delzell et al., 1988).

Les oasis littorales tunisiennes connaissent une régression de l'élevage pastoral et par conséquent de la quantité de fumier produite (Bchini et al., 2002). Le recours à l'achat de fumier dans les oasis est devenu une tradition. Toutefois, le coût très élevé de fumier entraîne des charges supplémentaires que les agriculteurs oasiens ne peuvent pas toujours supporter. Dans ces oasis, le fumier est épandu en surface, avant le semis sans un compostage au préalable. La décomposition des matières organique simultanée à la croissance des plantes peut handicaper celle-ci au lieu d'en améliorer le développement (Haddad, 2007). Le compostage en tas de fumier, serait préférable à la technique actuelle, qui ne permet pas au fumier de jouer son rôle. En outre, le développement inconsidéré de l'utilisation des engrais chimiques de façon anarchique, abusive et non raisonnée engendre une menace de l'équilibre biologique de ce milieu très fragilisé (Haddad, 2007). La persistance des oasis est étroitement liée à la présence du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*L.). Les sous produits de

palmier dattier, utilisés jadis pour la vie quotidienne de l'oasien sont de nos jours abandonnés au profit des produits manufacturés. Ceci entraîne l'accumulation au fil des années d'une biomasse importante qui risque de polluer les palmeraies. Ces sous produits constituent des foyers préférentiels aux ravageurs et aux agents pathogènes des cultures.

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est parmi les cultures stratégiques qui sont très exigeantes en matière de fertilisation organique. Elle est une source importante de d'énergie, de [protéines](#) et de [vitamines](#). Ses qualités nutritives et sa facilité de culture font qu'elle est devenue l'un des [aliments de base](#) de l'humanité.

Pour améliorer la fertilité des sols et une meilleure valorisation des oasis, le recyclage des sous produits du palmier dattier après un compostage au préalable et le renforcement de la culture de la pomme de terre seraient très bénéfiques. C'est dans ce contexte que s'insère la présente étude dont les objectifs sont d'étudier l'influence d'un compost à base de sous produit de palmier dattier sur le développement de la culture de la pomme de terre et de comparer l'effet de ce compost sur la culture de la pomme de terre avec la technique traditionnelle de l'utilisation des fumiers produits par les agriculteurs.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Matériel végétal

Pour réaliser ce travail, des semences de pomme de terre (tubercules), variété Spunta, fournies gracieusement par le Groupement Interprofessionnel des Légumes (GIL), au même stade physiologique et de calibre homogène ont été utilisées.

### 2.2. Protocole expérimental

Il s'agit d'un essai conduit dans la parcelle expérimentale de l'Institut des Régions Aride dans l'oasis de Chenini. L'essai est conduit dans 15 parcelles élémentaires (PE) d'une forme carrée de 1 m de côté. Deux traitements ; compost et fumier ont été appliqués à raison de 15 kg/m<sup>2</sup>, en présence d'un témoin (sans fumier, ni compost), à raison de cinq répétitions pour chaque traitement. Le semis de la pomme de terre est effectué en ligne le 17/02/2012.

### 2.3. Observations et mesures

Les observations ont porté sur la date de levée, les paramètres de croissance et de production.

#### 2.3.1. Paramètres de croissance

L'évaluation a concerné les paramètres suivants:

- Nombre des tiges : ce paramètre est déterminé par le comptage du nombres de tiges de chaque plant.
- Hauteur :ce paramètre est mesuré chaque semaine à l'aide d'une règle plate, de la base à l'apex.
- Vigueur : pour estimer la vigueur des plantes,nousavons accordé une note comprise entre 0 et 4, selon une échelle virtuelle: 0 = Non vigoureuse ; 1 = Peu vigoureuse ;2 = Moyennement vigoureuse ;3 = bien vigoureuse ;4 = Très vigoureuse.
- Surface foliaire :ce paramètre estdéterminé chaque semaine par un cadre carré découpé en mailles carrées de 25 cm<sup>2</sup>, confectionnée par nous même pour faire une estimation de la superficie (Figure 1). Ce paramètre a été estimé une fois par semaine en quatre dates à partir de 10/0402012 jusqu'au 30/04/2012.



Figure 1. Cadre confectionné pour l'estimation de la surface foliaire.

- Biomasse aérienne : elle est pesée le jour de l'arrachage par une balance de précision.

### 2.3.2. Paramètres de production

L'évaluation a concerné les paramètres suivants:

- La production totale et le calibrage de la production : les tubercules ont été classés en trois catégories le gros calibre (G.C, le poids est supérieur ou égale à 80 g), les calibres moyens (M.C, entre 50 et 80 grammes) et les petits calibres (P.C moins que 50 grammes)
- le poids moyen, la longueur (L), la largeur (l) et le rapport (L/l) des 20 plus gros tubercules.

### 2.3.3. Qualité des tubercules

Les paramètres mesurés sont :

- L'indice de réfraction, le pH, et la conductivité électrique: pour cela 20 tubercules par traitement ont été choisis au hasard. Chaque tubercule a été coupé en de très petits morceaux, puis l'ensemble a été broyé à l'aide d'un mixeur électrique. Le jus obtenu a permis de mesurer l'Indice de réfraction (l'IR°Briks), le pH et la conductivité électrique (CE).
  - La densité : La densité volumique des tubercules a été déterminée par le déplacement d'un volume d'eau à l'aide d'une éprouvette graduée.
  - Matière sèche déterminée après séchage à l'étuve à 85°C d'un échantillon représentatif de tubercules découpées en petit morceaux pour en faciliter le séchage jusqu'à la stabilisation du poids.
- Les valeurs obtenues ont fait l'objet d'une analyse statistique. Une analyse de la variance est réalisée pour comparer les paramètres de croissance et de production. Le test de Newman et Keuls

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les premières observations (deux semaines après le semis) ont montré que les plantes cultivées sur sol + compost ont une levée plus dense et plus rapide que celles cultivées sur sol + fumier et celles sur le traitement témoin.

### 3.1. Influence du type d'amendement sur les paramètres de croissance

#### 3.1.1. Nombre de tiges

Les valeurs moyennes du nombre de tiges formées pour les trois traitements testés (Tableau 1) sont statistiquement comparables. Ceci témoigne que les tubercules mère plantés sont au même stade de maturité physiologique.

Tableau 1. Effet des trois traitements sur le nombre moyen de tiges formés

	Témoin	Fumier	Compost
Nombre de tiges	5,4 a	5,64 a	5,36 a

Les valeurs affectées d'un même indice ne sont pas statistiquement différentes, au seuil de 5% par le test de Newman et Keuls.

Cependant nous avons remarqué un léger avantage d'extériorisation des tiges au profit du traitement fumier pour les quatre dernières dates (Figure 2).

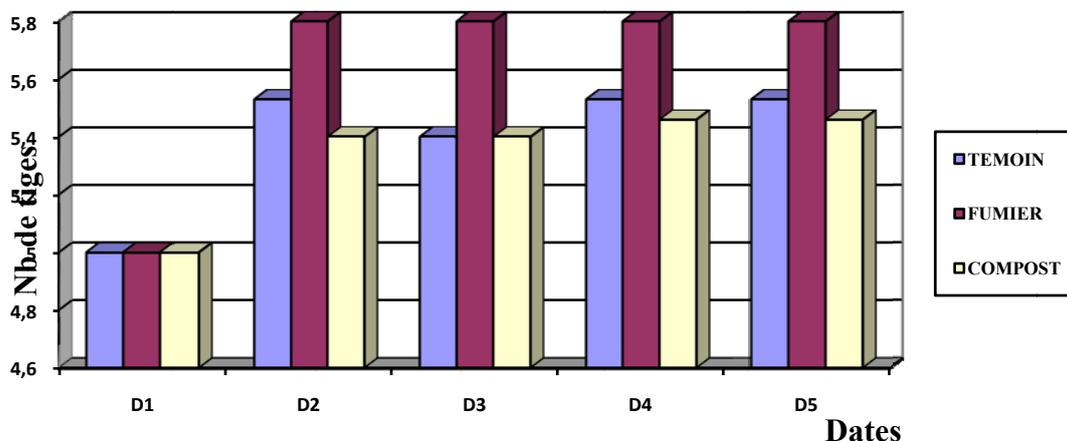


Figure 2. Effets dates sur le nombre moyen de tiges formées pour les trois traitements testés.

### 3.1.2. La hauteur

Les valeurs relatives aux hauteurs moyennes des tiges pour les trois traitements testés sont présentées dans le tableau 2. L'analyse des données a révélé des différences très hautement significatives entre les trois valeurs moyennes. Le compost et le fumier sont classés ensemble ce que permet de dire que le compost peut favoriser la croissance en hauteur de la pomme de terre au même titre que la technique locale de l'épandage de fumier.

Tableau 2. Effets des trois traitements sur la hauteur moyenne des tiges (cm)

	Témoin	Fumier	Compost
Hauteur Moyenne	17,36 b	29,55 a	24,53 a

Les valeurs affectées d'un même indice ne sont pas statistiquement différentes, au seuil de 5% par le test de Newman et Keuls.

La comparaison des différentes valeurs moyennes pendant les différentes dates de mesures a montré une légère progression de la croissance en hauteur pour se stabiliser pendant la dernière date des observations qui coïncide avec la formation des tubercules (Figure 3). En effet pendant ce stade, la pomme de terre accumule les réserves formées dans les tubercules au dépens de la croissance de la partie aérienne qui se stabilise.

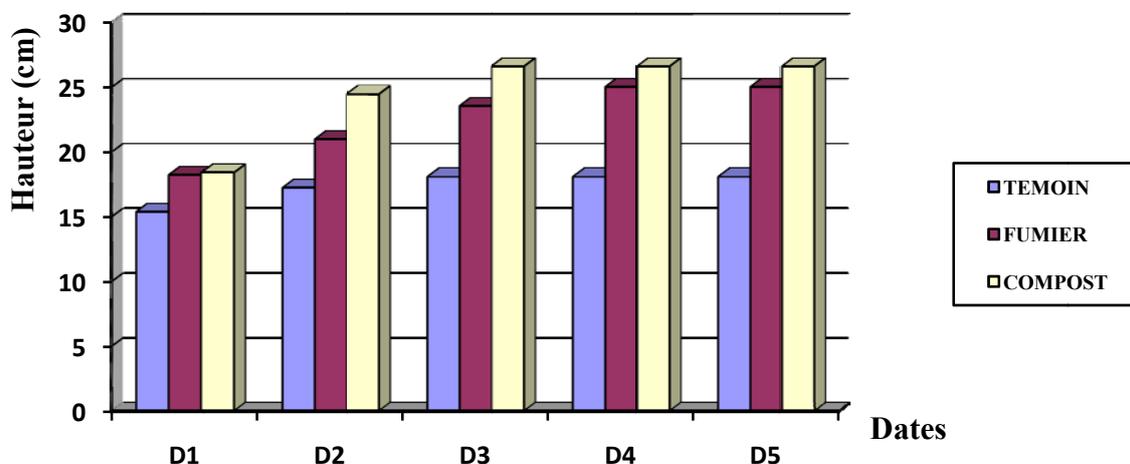


Figure 3. Effets dates sur les hauteurs moyennes des tiges formées pour les trois traitements testés.

### 3.1.3. La vigueur

Les valeurs relatives à la vigueur des plantes pour les trois traitements testés sont présentées dans le tableau 3. L'analyse des données a révélé des différences très hautement significatives entre les trois valeurs moyennes. Le fumier et le compost constituent un même groupe avec des valeurs moyennes respectives de 3,38 et 3,16. Selon l'échelle préétablie de telles valeurs indiquent que les plantes sont vigoureuses. Ceci permet de retenir que le compost peut favoriser la vigueur de la pomme de terre au même titre que la technique locale de l'épandage de fumier.

**Tableau 3.** Effets des trois traitements sur la vigueur moyenne des plants de pomme de terre.

	Témoin	Fumier	Compost
Vigueur	2,04 b	3,38 a	3,16 a

Les valeurs affectées d'un même indice ne sont pas statistiquement différentes, au seuil de 5% par le test de Newman et Keuls.

La comparaison des valeurs moyennes de la vigueur des plantes pendant les différentes dates des observations (Tableau 4) montre que les plantes cultivées sur sol sans amendement ont subi une régression de la croissance et sont devenu de moindre vigueurs avec des valeurs moyennes inférieures à 2. Le fumier a engendré une vigueur soutenue avec des valeurs moyennes supérieures à 3. Quant au compost, quoique sa vigueur soit bonne, il a accusé une légère diminution pendant la quatrième et la cinquième date avec des valeurs égales à 2,93 pour ces deux dates.

**Tableau 4.** Effets date sur la vigueur moyenne pour les trois traitements testés.

	Témoin		Fumier		Compost	
	Moyenne	$\sigma$	Moyenne	$\sigma$	Moyenne	$\sigma$
3Avril/	2,66	0,96	2,86	1,18	3,2	0,94
10/Avril	2,66	0,81	3,13	1,12	3,33	0,72
17 Avril	2,33	0,72	3,46	1,06	3,4	0,63
24Avril	1,46	0,83	3,73	1,03	2,93	0,79
30/Avril	1,46	0,83	3,73	1,03	2,93	0,79

$\sigma$  = Ecart-type.

### 3.1.4. La surface foliaire

Les valeurs moyennes des surfaces foliaires pour les trois traitements testés sont présentées dans le tableau 5. L'analyse des données a révélé des différences très hautement significatives entre les trois valeurs moyennes. Le fumier et le compost constituent un même groupe avec des valeurs moyennes respectives de 252,65 et 233,3 cm<sup>2</sup>. Ainsi le compost pourrait favoriser la capacité photosynthétique de la pomme de terre au même titre que la technique locale de l'épandage de fumier.

**Tableau 5.** Effets des traitements sur la surface foliaire (cm<sup>2</sup>).

	Témoin	Fumier	Compost
Surface foliaire	160, 55b	252.65a	233,3 a

Les valeurs affectées d'un même indice ne sont pas statistiquement différentes, au seuil de 5% par le test de Newman et Keuls.

La comparaison des valeurs moyennes de la surface foliaire pendant les différentes dates des observations (Tableau 6) montre que la croissance des plantes cultivées sur sol sans amendement est lente alors que le fumier et le compost ont engendré une progression de l'augmentation de la surface foliaire.

**Tableau 6:** Effets date sur la surface foliaire moyenne pour les trois traitements testés.

	Témoin		Fumier		Compost	
	Moyenne	$\sigma$	Moyenne	$\sigma$	Moyenne	$\sigma$
10 Avril	132,3	57,00	188	81,7	168,65	71,55
17 Avril	171,65	53,80	273,3	95,4	261	68,65
24 Avril	177,65	55,05	296,65	97,65	270,3	80,80
30 Avril	177,65	55,05	296,65	97,65	270,3	80,80

$\sigma$  = Ecart-type.

### 3.1.5. Biomasse formées

Le jour de l'arrachage, la biomasse formée, par chaque plante, a été pesée. Les valeurs moyennes pour chaque traitement sont ordonnancées dans le tableau 7. L'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives. Le fumier s'est distingué et a favorisée se paramètre.

**Tableau 7:** Effets des trois traitements sur la biomasse formée (g).

	Témoin	Fumier	Compost
Biomasse formée	121.32 b	284,5a	129,8 b

Les valeurs affectées d'un même indice ne sont pas statistiquement différentes, au seuil de 5% par le test de Newman et Keuls.

## 3.2. Influence du type d'amendement sur les paramètres de production

### 3.2.1. Calibrage de la production

Les tubercules issus de la production totale de chaque traitement, ont été classés en trois catégories : le gros calibre (G.C, le poids est supérieur ou égale à 80 g), les calibres moyens (M.C, entre 50 et 80 g) et les petits calibres (P.C moins que 50 g). Les résultats sont présentés dans le tableau 8. Ce tableau indique que le fumier a favorisé la production totale en quantité et en qualité. Avec ce traitement, les tubercules de gros calibres représentent 82% de la production totale. Le compost a occupé la seconde place avec une production totale de 7, 2 kg dont 68,42% sont des tubercules de gros calibres.

**Tableau 8.** Calibrage de la production totale

	G.C		M.C		P.C		Production totale
	P	%	P	%	P	%	
Témoin	2978	56,14	1805,5	34.03	521	9.83	5304,5
Fumier	8262,5	<b>82,15</b>	1697,8	16.88	97	0.009	<b>10057,3</b>
Compost	4959	68,42	1865,5	25,74	422,5	5.83	7247

### 3.2.2. Nombre de tubercules formés/plante

Les valeurs moyennes du nombre de tubercules formés par plantes pour les trois traitements sont présentées dans le tableau 9. L'analyse des données a révélé des différences très hautement significatives. Le fumier a occupé la première place avec un nombre moyen de tubercule de 6,2.

**Tableau 9.** Effets des trois traitements sur le nombre moyen de tubercule/plant

	Témoin	Fumier	Compost
Nombre moyens de tubercule	4.46 c	6.2 a	5,4 b

### 3.2.3. Production moyenne par plante

Les valeurs moyennes du poids moyen des tubercules pour les trois traitements sont présentées dans le tableau 10. L'analyse des données a révélé des différences très hautement significatives. Le fumier a presque doublé la production par comparaison avec le témoin soit 670 g contre 350 g/plante. Le compost à entraîné une légère amélioration de la production par rapport au traitement témoin.

**Tableau 10** Effets des trois traitements sur la production moyenne/plante (g)

	Témoin	Fumier	Compost
Poids total	349,53 c	670,48 a	483,13 b

### 3.2.4. Mensuration des 20 plus gros tubercules

En comparant les 20 plus gros tubercules formés par les trois traitements, le model statistique a indiqué des différences très hautement significatives aussi bien pour le poids moyen, la longueur et la largeur (Tableau 11).

**Tableau 11.** Effets des trois traitements sur la mensuration des 20 plus gros tubercules

	Témoin	Fumier	Compost
Poids moyen (g)	92,55 c	130,5 a	112,25 b
Longueur (cm)	7,45 b	9,12 a	8,63 a
Largeur (cm)	3,86 c	4,51 a	5,23 b

\*La comparaison se fait dans le sens horizontal

Par ailleurs le rapport longueur sur la largeur qui renseigne sur la forme des fruits n'a pas indiqué de différence entre les trois traitements. Les valeurs présentées dans le tableau 12 sont de l'ordre de 2 pour indiquer la forme allongée des tubercules qui caractérise la variété Spunta.

**Tableau 12.** Effets des trois traitements sur le rapport longueur/largeur

	Témoin	Fumier	Compost
Lon/Lar	1,9 b	2,03 ab	2,06 ab

### 3.3. Influence du type d'amendement sur la qualité physico-chimique des tubercules:

#### 3.3.1. Qualité chimique.

Les valeurs moyennes du pH, de la conductivité électrique (CE) et de l'indice de réfraction (IR) du jus de la pomme de terre pour les trois traitements sont présentées dans le tableau 13. Ce tableau montre que le pH du jus de la pomme de terre est légèrement acide avec des valeurs très proches pour les trois traitements. Ce jus présente une conductivité électrique très élevée témoignant de la richesse des tubercules en élément minéraux. Ce paramètre est légèrement favorisé par le traitement fumier. L'indice de réfraction témoigne de la richesse des tubercules en sucre présente des valeurs plus élevées pour le traitement témoin.

**Tableau 13.** Effets des trois traitements sur le pH, la CE et l'IR du jus de la pomme de terre.

Traitements	pH	CE (mS/cm)	IR (° Brix )
Témoin	5.65	13,9	5,6
Fumier	5.84	14,42	4
Compost	5.79	13,54	3

#### 3.3.2. Matière sèche et densité volumique

Les différentes valeurs de la matière sèche formée dans les tubercules et la densité volumique des tubercules sont présentées dans le tableau 14. Ce tableau indique que la densité volumique de la pomme de terre est supérieure à 1. De plus les tubercules sont très riches en matière sèche témoignant de sa haute qualité nutritive.

**Tableau 14.** Effets des trois traitements sur la densité volumique et le % en % Matière sèche de la pomme de terre.

	Témoin	Fumier	Compost
Densité volumique	1,02a	1,05a	1,09a
% Matière sèche	22,83	23,65	23,56

#### 4. CONCLUSION

Ce travail est relatif à la valorisation d'un compost oasien, une bio ressource végétale très abondante dans les oasis. Il s'est intéressé à tester la possibilité d'utiliser ce compost oasien comme amendement du sol en le comparant avec le fumier dans le contexte oasien. Les observations ont été réalisées sur le comportement d'une culture de pomme de terre plantée en saison printanière. Les résultats ont montré que :

**- Le compost peut favoriser les paramètres de croissance au même titre que le fumier :**

Les premières observations (deux semaines après le semis) ont montré que les plantes cultivées sur sol + compost ont une levée plus dense et plus rapide que celles cultivées sur sol + fumier et celles sur le traitement témoin. De plus, les valeurs moyennes du nombre de tiges formées pour les trois traitements testés sont statistiquement comparables avec un léger avantage d'extériorisation de tiges au profit du traitement fumier. Également, le compost peut favoriser la croissance en hauteur de la pomme de terre avec une légère progression de la croissance en hauteur pour le traitement fumier.

En outre, selon une échelle de vigueur préétablie arbitrairement nous avons constaté que les plants cultivés sur le compost et le fumier sont d'une vigueur semblable. Enfin, l'analyse des données de la surface foliaire des plants cultivés sur le fumier et le compost sont comparables indiquant que le compost pourrait favoriser la capacité photosynthétique de la pomme de terre au même titre que la technique locale de l'épandage de fumier.

**Le compost améliore légèrement la production :**

Le compost a entraîné une légère amélioration de la production par rapport au traitement témoin. L'analyse des valeurs moyennes du nombre de tubercules formés par plantes pour les trois traitements a révélé des différences très hautement significatives. Le fumier a occupé la première place avec un nombre moyen de tubercule de 6,2.

L'analyse des valeurs moyennes du poids moyen des tubercules pour les trois traitements a révélé des différences très hautement significatives. Le fumier a presque doublé la production par comparaison avec le témoin soit 670 g contre 350 g/plante.

**Le compost assure une production dont la qualité est pratiquement comparable avec le fumier :**

Les valeurs moyennes du pH de la conductivité électrique (CE) et de l'indice de réfraction (IR) du jus de la pomme de terre pour les trois traitements montrent que le pH du jus de la pomme de terre est légèrement acide avec des valeurs très proches pour les trois traitements. Ce jus présente une conductivité électrique très élevée témoignant de la richesse des tubercules en élément minéraux. De plus les tubercules formés par les trois traitements ont des densités volumiques supérieures à 1 et sont riches en matière sèche, de l'ordre de 23% pour les trois traitements.

Enfin, il semble que le compost peut entraîner une amélioration des propriétés du sol et du comportement des cultures. Dans ce cadre, le suivi des paramètres de fertilité et la possibilité de les améliorer devrait être examinés. De plus l'analyse de la qualité biochimique de la production issue des sols amendés par le compost devrait être abordée.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdedeyem, S. (2004). Diversité agro-socio-écologique au sein des oasis littorales : Cas de l'oasis de Gabes. *Revue des régions arides*, Séminaire international Aridoculture et culture oasienne. Numéro spécial, Tome 1, 133-144.
- Bchini, H., Hsayoui, S., Aloui, S., (2002). Gestion de la matière organique et compostage des palmes sèches dans le milieu oasien. *Annales de l'INRAT*, 75, 299-312.
- Dalzell, H.W., Bridleston, A.J., Gray, K.r., Thurairajan, K., (1988). Aménagement du sol. Production et usage de compost en milieu tropical et subtropical. Rome 165p.
- Estivin, A.E., (2000). Itinéraires techniques des cultures maraîchères en milieu oasien (Oasis de Gabès). Diplôme d'ingénieur Technique Agricole ENITAC, sil de Marmilhal,
- Fuchs, J., Galli, U., Schleiss, K., Weellinger, A., (2001). Caractéristiques de qualité des composts et des digestats provenant du traitement des déchets organiques. Document élaboré par la Directive de l'Association Suisse des Installations de Compostage (ASIC) en collaboration avec le Forum Biogaz Suisse. CH-3322, Schonbühl, 11p.

- Gobat J. M., Aragno M., Matthey W. (1998). Le sol vivant. Bases de la pédologie. Biologie des sols. Presses Polytechniques et universitaires Romandes. Collection Gérer l'Environnement N°14. Lausanne, Suisse, 519p.
- Haddad, M., (2007). Système de production et techniques culturales en milieu oasien (oasis de Gabès). New Medit, 2.



## Itinéraire technique et importance de l'oignon (*Allium cepa* L.) dans l'oasis de Gabès

Yehmadi Jamila<sup>1</sup>, Al Mohandes Dridi Bouthaina<sup>1</sup>, Jeridi Ridha<sup>2</sup>, Haddad Mansour<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Supérieur Agronomique de Chott Marièm, Tunisie

<sup>2</sup>Institut des Régions Aride, 6051Ennahel Gabès, Tunisie

Email de l'auteur : mansour.haddad@ira.rnrt.tn

### RESUME

Les oasis ont une grande importance dans des milieux désertiques liées à la disponibilité des ressources en eau. L'oasis littorale de Gabes se caractérise par un système de culture en étage. Les cultures maraîchères, cultivées sous les palmiers dattiers constituent de nos jours un des principaux créneaux pour le développement des oasiens. L'oignon (*Allium cepa* L.) est parmi les espèces les plus cultivées. Il bénéficie d'un savoir faire traditionnel original. Ce travail, s'est fixé comme objectif l'étude de l'importance de cette espèce dans les oasis de Gabès et d'identifier sa qualité et les techniques qui leur sont réservées. Il a permis de montrer outre, la réticence des jeunes à travailler dans le secteur de l'agriculture et l'émiettement de la propriété foncière dans les oasis, 21 % des agriculteurs visités, pratique l'oignon dans leurs parcelles selon des techniques oasiennes qui restent traditionnelles avec une importance et une spécificité d'entretien qui varient d'un oasien à un autre. Le poids moyen total de l'oignon au stade de consommation et la partie consommable sont de 82 et 49 g en moyenne respectivement. Cette espèce présente une importance économique, sa marge brute est de 0,520 DT/m<sup>2</sup>. Sur le plan qualitatif, l'oignon est riches en éléments minéraux (calcium, phosphore, potassium, sodium, zinc, manganèse, magnésium) et en sucres totaux avec un pH acide.

Mots Clefs : Oasis, oignon, technique, qualité

### 1. INTRODUCTION

Les oasis ont une grande importance au niveau de paysage agricole dans tout le monde. Ce sont des zones cultivées intensivement dans des milieux désertiques ou fortement marqués par l'aridité (Alaya,1979 et Lasram,1990). Derrière l'appellation « oasis » se cache une grande biodiversité animale et végétale interdépendantes, liées à la disponibilité des ressources en eau (Jeder et al, 2001).

L'oasis de Gabès présente un effet remarquable dans l'histoire de la vie et du paysage de la Tunisie rurale méridionale. L'exploitation de l'espace oasien montre bien comment les agriculteurs ont essayé de s'adapter aux conditions climatiques arides. L'aridité, la salinité et la raréfaction de ressources hydriques présentent des obstacles pour la survie des oasis. Pour cela, les recherches agronomiques engagées dans les systèmes oasiens ont pour objectif l'étude, la préservation, l'amélioration et la valorisation des espèces les plus adaptées à ces conditions.

L'oasis littorale de Gabes se caractérise par un système de culture en étage (Lasram 1990 et haddad 2007). En effet, les cultures maraîchères, cultivées sous les palmiers dattiers constituent un des principaux créneaux pour le développement des systèmes oasiens (Haddad, 2007). Ces cultures apportent une large contribution à la valorisation, l'accroissement et à la diversification de la production végétale des sols oasiens.

L'oignon (*Allium cepa* L.) est parmi les espèces les plus cultivées sous le palmier dattier. Il présente une gamme de variétés adaptées aux conditions oasiennes très commercialisés et appréciés par les consommateurs. Dans le contexte oasien, cette espèce bénéficie d'un savoir faire traditionnel très original qui est de plus en plus menacé suite à l'éloignement des jeunes du travail dans les oasis (Kouki et Bouhaouach 2009).

L'objectif de ce travail est d'étudier l'importance de cette espèce dans les oasis, d'identifier les techniques qui lui sont réservées, de déterminer les principales caractéristiques gustatives et d'analyser les principaux minéraux qui entrent dans la composition chimique de son jus.

### 2. MATERIELS ET METHODES

#### 2.1. Enquête

Cette étude a été réalisée en se basant sur une enquête ayant touché 32 agriculteurs oasiens dans les oasis de Gabès. Le questionnaire d'enquête comprend des questions pour la caractérisation de l'agriculteur et de son exploitation, les techniques appropriées pour la culture de l'oignon et le

prélèvement d'échantillons pour assurer différentes mensurations morphologiques et physiques et des analyses chimiques.

## **2.2. Matériel végétal**

Chez les oasisiens enquêtés, 8 échantillons représentatifs d'oignon local à différents stades de croissance ont été prélevés. Chaque échantillon est formé par une botte de 10 plantes au stade poireau correspondant plus ou moins à celle que l'agriculteur à l'habitude de préparer pour la vente. Dans les oasis, la vente de l'oignon au stade poireau commence à se faire progressivement à partir du mois de février. Cette opération assure une entrée d'argent pour l'oisien, l'éclaircissage de la plantation et la récolte de gros bulbes qui commence au mois de mai. Les échantillons ont été collectés chez 12 oasisiens, les 20 autres oasisiens ont été réticents pour nous accorder leurs productions. Les bottes collectées sont immédiatement mises dans des sachets et transportées au laboratoire pour effectuer les mensurations nécessaires.

### ***Mensuration des parties consommables***

Chaque botte a été pesée par une balance de précision pour déterminer le poids total. Les plantes ont été séparées en deux parties : les feuilles et les parties consommables (oignon stade poireau). Les feuilles sont jetées et les parties consommables ont été pesées une à une et conservées pour déterminer les descripteurs morphologiques suivants:

- La longueur de la partie aérienne mesurée à l'aide d'une règle graduée depuis le collet jusqu'au début d'émission des feuilles.
- La longueur des bourgeons : La fausse tige a été coupée dans le sens longitudinal en deux parties pour retirer les bourgeons qui ont été mesurés à l'aide d'une règle graduée.
- L'épaisseur des écailles mesurée par l'intermédiaire d'une règle graduée.
- Le comptage du nombre des écailles.

### ***Extraction de jus***

Les parties aériennes ont été découpées par un couteau tranchant préalablement rincé à l'eau distillée et regroupées dans un grand bucher dont on a pris un échantillon représentatif de 240 g qu'on a mélangé à 50 ml d'eau distillée pour en assurer le broyage à l'aide d'un mixeur électrique. L'eau distillée a été ajoutée pour faciliter le broyage. Le broyat ainsi formé a été filtré pour obtenir un jus dilué sur lequel les mesures suivantes ont été réalisées :

#### ***- Mesure de la CE, du pH et de l'IR***

Les jus préparés nous ont permis de mesurer la conductivité électrique par un conductimètre de type (Jenway), le pH par un pH mètre de type (Neo Met) et l'indice de réfraction en °Brix par un réfractomètre portable du type (A. Krussoptronic N°20947).

#### ***- Dosage des sucres totaux***

Le dosage des sucres totaux a été effectué par la méthode de phénol selon Dubois et al. La méthode de dosage des sucres par le réactif du phénol sulfurique introduite par ces auteurs repose sur la mesure de l'intensité de coloration « jaune-orange » développée par le sucre en présence du phénol et de l'acide sulfurique. La densité optique est déterminée à 490 nm.

### ***Analyse des éléments minéraux***

Les éléments déterminés sont le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, le sodium le manganèse et le zinc par les méthodes classiques de spectrophotométrie et d'absorption atomique.

## **2.3. Analyse statistiques**

Les valeurs obtenues ont fait l'objet d'une analyse statistique. Le test de Newman et Keuls de comparaison multiple de moyennes et le logiciel Excel ont été utilisés.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### *Age des oasiens*

L'âge moyen des oasiens visités est de 56 ans avec un écart type de 13. Il varie de 26 à 78 ans. L'analyse des données regroupées a permis de distinguer trois groupes d'âge: Les jeunes oasiens, moins de 40 ans représentent 9 % ; les adultes entre 40 et 60 ans avec un pourcentage cumulé de 46 % et les oasiens dont l'âge est supérieur à 60 ans avec un pourcentage de 45 %. Il en ressort une tendance du vieillissement de la population active et une réticence des jeunes vis-à-vis le travail dans le secteur agricole. Ces derniers sont plutôt attirés par d'autres activités moins qu'ils jugent moins pénibles (Le tourisme, l'administration et l'industrie).

#### *Taille des exploitations*

La superficie moyenne des exploitations dans l'oasis de Gabes est de 2 ha, avec un minimum de 0,07 ha et un maximum de 6 ha. Ces superficies sont ainsi réparties: 23 % ont une superficie qui ne dépasse pas 0,5 ha, 29 % sont comprises entre 0,5 et 1 ha, 39 % sont comprises entre 1 et 2 ha et 9 % uniquement dépassent les 2 ha. Ces données confirment l'émiettement des exploitations dans les oasis qui deviennent de plus en plus réduites suite à la succession de l'héritage. Les gens sont très attachés à la terre. Il est difficile de se décharger de la propriété dans la mentalité des habitants du sud tunisien.

#### *Production des cultures maraichères dans l'oasis de Gabès*

Les principales espèces sont : L'oignon qui occupe la première place avec un pourcentage de 22 %. La deuxième place est occupée par la carotte avec un pourcentage de 13 %, la troisième place est occupée par le laitue et l'ail avec un pourcentage de 12 % et 10 % respectivement et la quatrième place est occupée par la blette, le persil, le navet, le coriandre, l'épinard, le fenouil, le céleri et le piment avec un pourcentage cumulé < 10 %.

#### *Conduite culturale de l'oignon*

Au mois de juillet, les agriculteurs travaillent le sol manuellement à l'aide d'une sape traditionnelle permettant d'aller jusqu'à une profondeur de 20 à 35 cm. Après le labour, les agriculteurs appliquent le nivellement de la parcelle pour assurer une bonne répartition et limiter les pertes d'eau par percolation lors de l'irrigation. La parcelle est ensuite divisée en plusieurs planches. La planche est limitée par une banquette de 20 cm de hauteur. La longueur des planches varie de 6 à 50 m et la largeur varie de 1,2 à 3 m suivant la forme de la parcelle.

Vers la mi-septembre, les oasiens apportent le fumier traditionnel (bovin ou ovin) comme étant une fumure de fond avec une quantité moyenne de 5 kg/m<sup>2</sup>. Après, les agriculteurs pratiquent une légère irrigation pour assurer le déclenchement de la décomposition du fumier et la sortie des adventices. Au début du mois d'octobre, l'agriculteur, fait un léger binage pour se débarrasser des mauvaises herbes et passe au semis à la volé. Ensuite de temps en temps, il gratte superficiellement le sol tout en évitant de blesser les racines par des légers binages permettant au même temps l'aération du sol et l'élimination des herbes qui continuent à apparaître. Un mois après le semis, l'agriculteur irrigue ses planches par submersion et intervient par la réalisation de désherbages manuels à chaque fois où des adventices apparaissent. Un deuxième amendement de fumier de l'ordre de 1 kg/m<sup>2</sup> se fait vers la fin du mois de novembre pour chauffer le sol. Au début janvier, l'agriculteur fait l'irrigation avant la transplantation qui se fait pour diminuer la densité pour avoir des bulbes de gros calibre et on ajoute 1kg de DAP/planche puis une deuxième irrigation. Après 15 jours on fait un binage, un désherbage et un traitement phytosanitaire. A partir du mois d'avril, on fait une irrigation et en cas de besoin un traitement contre les pucerons sans désherbage qui risque d'esquinter tout en commençant les récoltes successives de l'oignon au stade poireau. La récolte des oignons bulbes aura lieu pendant les mois de juin et juillet. La conservation de l'oignon se fait sous forme d'andins dans des hangars traditionnels biens aérés et couvert avec de la paille. La consommation des bulbes se fait sur une période d'environ 8 mois (jusqu'à la fin du mois d'avril). Vers la fin de l'automne, les petits bulbes d'oignon déjà conservés seront plantés dans les ados des planches et pour la production de l'oignon dit « Ribaye » et la production des semences. Les principaux ravageurs de l'oignon dans l'oasis sont les pucerons verts contre lesquels certain agriculteurs luttent avec Lannate ou le Décis, en traitements curatifs.

L'oignon aussi attaqué par l'oïdium contre lequel le soufre est utilisé dès l'apparition des conditions climatiques favorables au développement de ce champignon.

### **Evaluation économique**

D'après les oasis visités, la production d'oignon est assez rentable car les charges peuvent atteindre en moyenne 0,6 DT/ m<sup>2</sup> et les recettes moyennes sont d'environ 1,12 DT/m<sup>2</sup>. Toutefois, sur le plant économique, le marché de l'oignon dans les oasis de Gabès présente une courbe en dents de scie, les cours suivent la hausse et la baisse selon la loi de l'offre et de la demande.

### **Description morphologique**

#### **- Poids total et poids de la partie consommable**

Le modèle statistique a permis de classer les populations d'oignon étudié en un seul groupe avec des différences non significatives. Le poids total moyen le plus élevé est enregistré chez l'agriculteur O9 et le poids total moyen le plus faible est enregistré chez l'agriculteur O1 (Tableau 1). Les valeurs moyennes du poids de la partie consommable varient de 36,4 g à 46,7 g. Le poids moyen le plus élevé est enregistré chez l'agriculteur O5 alors que le poids le plus bas est enregistré chez l'agriculteur O1.

**Tableau 1.** Poids moyen et poids des parties consommables (PM et PPC) des oignons collectés des oasis enquêtées (gramme).

Groupe	agriculteurs	PM	PPC
1	O1	72,45 a	36,40 a
	O2	72,45 a	36,40 a
	O12	77,80 a	38,60 a
	O13	84,50 a	37,75 a
	O5	89,35 a	46,70 a
	O9	93,50 a	44,60 a

Les valeurs affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test de Newman et Keuls.

#### **- Longueur de la partie consommable**

Les valeurs moyennes de la longueur de la partie consommable de l'oignon (LPC) sont indiquées dans le tableau 2. Le modèle statistique a permis de distinguer 3 groupes distincts avec des différences inter groupe très hautement significatives. La longueur moyenne de la partie consommable la plus élevée est enregistrée chez les agriculteurs O1 et O2 alors que la longueur la plus basse est enregistrée chez l'agriculteur O5.

**Tableau 2.** Longueur moyenne de la partie consommable (LPC) de l'oignon cultivée dans l'oasis de Gabes (cm)

Groupe	Agriculteur	LPC en cm
1	O5	12,0800 c
	O9	13,1500 c
2	O13	16,5500 b
	O12	16,6500 b
3	O1	24,7000 a
	O2	24,7000 a

Les valeurs affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test de Newman et Keuls.

#### **- Longueur du bourgeon**

L'analyse statistique des résultats obtenus a permis de distinguer 4 groupes significativement différents pour la longueur des bourgeons d'oignon récolté chez les différents agriculteurs. En effet, ce paramètre a varié de 5,14 cm pour les bourgeons les moins longs à 40 cm pour les plus longs (Figure 1).

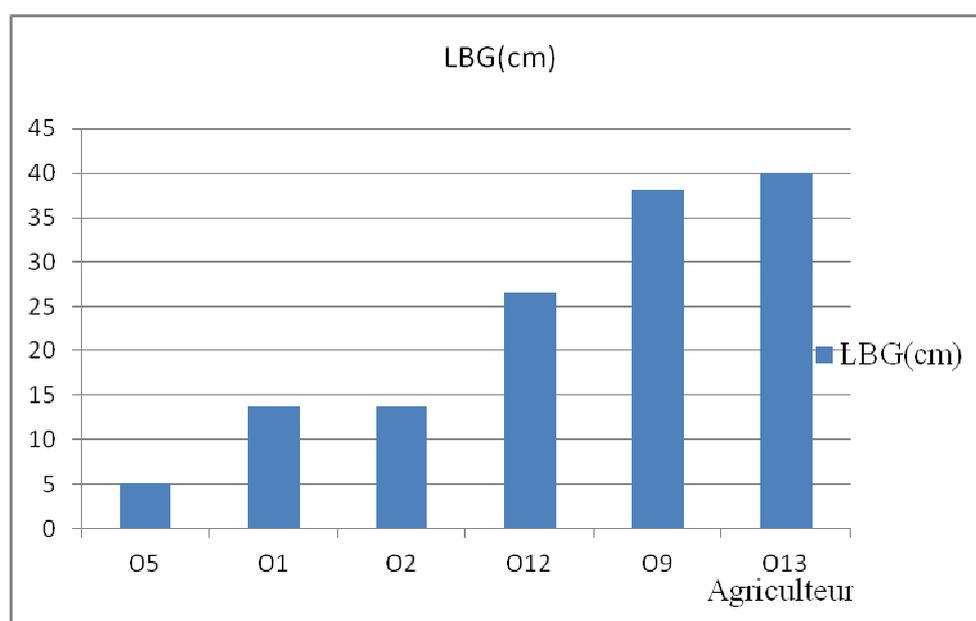


Figure 1. Longueur moyenne des bourgeons de l'oignon cultivé dans l'oasis de Gabs (cm)

#### -Épaisseur des écailles

Le modèle statistique a permis de distinguer 2 groupes distincts avec des différences inter groupe très hautement significatives (Tableau 3). Cette différence peut être due à la variation de stade de croissance. L'épaisseur moyenne des écailles la plus élevée est enregistrée chez les agriculteurs O5 alors que l'épaisseur la plus basse est enregistrée chez l'agriculteur O1 et O2.

Tableau 3. Épaisseur moyenne des écailles (EEC) de l'oignon cultivée dans l'oasis de Gabs (cm)

Groupe	Agriculteur	EEC en cm
1	O1	0,61 b
	O2	0,61 b
	O13	0,63 b
	O12	0,65 b
	O9	0,82 b
2	O5	1,02 a

Les valeurs affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test de Newman et Keuls.

#### - Nombre d'écailles

Pour ce paramètre, deux groupes distincts ont été distingués avec une différence très hautement significative. Le premier groupe contient un seul échantillon avec un nombre d'écailles le plus bas (4,8 écailles) et un deuxième groupe comportant les autres échantillons avec un nombre d'écailles qui varie de 6,2 à 7,6 écailles (Tableau 4).

Tableau 4. Nombre moyen d'écailles (EC) des oignons cultivés dans l'oasis de Gabs

Groupe	Agriculteur	Nombre d'EC
1	O5	4,8 b
2	O13	6,2 a
	O1	6,3 a
	O2	6,3 a
	O9	7 a
	O12	7,6 a

Les valeurs affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test de Newman et Keuls.

#### - Caractérisation physico-chimique du jus:

L'indice de réfraction, conductivité électrique et Ph du jus.

L'indice de réfraction (IR) du jus d'oignon varie d'une valeur maximale de l'ordre de 7,5 °Brix et une valeur minimale égale à 6 °Brix (Tableau 5), avec une valeur moyenne de 6,83 °Brix et un écart type de 0,68. L'IR de jus de l'oignon varie d'un échantillon à un autre suite au type de fertilisant utilisé, le précédent cultural, la nature du sol et même le stade de croissance. Ces valeurs indiquent que l'oignon cultivé dans l'oasis est riche en hydrates de carbone en égard de la corrélation positive qui existe entre ces deux paramètres (Haddad, 2003).

La conductivité électrique renseigne sur la quantité des sels minéraux dissous dans le jus. Ainsi, plus la concentration en ions solubles sera importante, plus la conductivité sera élevée. La conductivité électrique moyenne de jus d'oignon (Tableau 5) est de 4,71 mS/cm, avec un écart type de 1,12. Toutefois les différentes valeurs sont variables, elles sont comprises entre 6,2 mS/cm et 3,15 mS/cm (Tableau 5).

Le pH moyen de jus de l'oignon (Tableau 5) est de 5,83 avec un écart type de 0,08. Les différentes valeurs sont très proches (Tableau 5) indiquant que le jus de l'oignon est suffisamment acide ce qui lui confère une bonne qualité car les légumes d'un goût acide facilitent la digestion. C'est pour cette raison que l'oignon est un ingrédient de base dans les différents plats méditerranéens telles les salades populaires tunisiennes.

**Tableau 5.** L'indice de réfraction (IR) du jus de l'oignon en °Brix

Valeur	IR en °Brix	CE en (mS/cm)	pH
Maximum	7,5	6,2	5,91
Minimum	6	3,15	5,71
Moyenne	6,83	4,71	5,83
Ecart-Type	0,68	<b>1,12</b>	<b>0,08</b>

#### - Taux en cendres

La teneur moyenne en cendres est de 93,80 % dans les échantillons d'oignon avec un écart type de 0,82 %. Ces valeurs sont comprises entre 94,93 % et 92,56 %, tous les échantillons présents des valeurs supérieures à 90 % (Tableau 6) ce qui montre que ces échantillons sont riches en éléments minéraux.

**Tableau 6.** La teneur en cendres du jus de l'oignon en %.

Valeur	T cendres (%)
Minimum	92,56
Maximum	94,93
Moyenne	93,80
Ecart type	0,82

#### - Teneur en sucre totaux

Le modèle statistique nous a permis de subdiviser les échantillons testés en 5 groupes distincts avec une différence très hautement significatif. Le taux de sucre totaux moyen le plus élevé a été enregistré dans l'échantillon de l'agriculteur O1 avec un valeur égale à 174,8833 µg/g alors que l'agriculteur O13 présente le taux plus bas en sucres totaux égal à 161,7780 µg/g (Tableau 6). L'oignon selon (Lannoy, 2001) est considéré comme étant un légume riche en sucre.

**Tableau 6.** Taux en sucre totaux des oignons cultivés dans les oasis de Gabes en µg/g.

Groupe	Agriculteur	Taux de sucre en µg/g
1	O13	161,7780
2	O12	165,4097
3	O9	168,3720
4	O5 O2	171,6897 172,1403
5	O1	174,8833

### - Teneur en éléments minéraux

Les teneurs des éléments déterminés sont regroupées dans le tableau 7. Le taux du potassium se situe entre 3,84 et 14,93 mg/100g de matière sèche (Ms), avec un taux moyen de l'ordre de 8,99 mg/100g de matière sèche. Cet élément joue un rôle important dans le maintien de la rigidité de la paroi cellulaire. Il active plus que 60 enzymes et intervient indirectement dans la synthèse des protéines (Heller, 1969). L'oignon est classé parmi les légumes les plus riches en calcium et en magnésium. En effet, les taux moyens en calcium et en magnésium sont, respectivement, de 14,77 mg/100g de Ms et 0,84 mg/100g de Ms. L'oignon est une des meilleures sources végétales en manganèse, activateur de nombreuses enzymes, et régulateur des neurotransmetteurs cérébraux. La teneur moyenne est de 23,39 mg/100g de Ms. La teneur du phosphore varie entre 1,77 et 1,25 mg/100 g de Ms. La teneur moyenne en Zinc est de 210,1 mg/100 g de Ms et le taux moyen du sodium est de 61,17 mg/100 g de MS.

**Tableau 7.** Composition minérale en (mg/100g de Ms) des oignons cultivés dans l'oasis de Gabès.

Element	P	K	Ca	Mn	Mg	Zn	Na
Minimum	1,77	3,84	10,20	12,19	0,66	158,24	51,43
Maximum	1,25	14,93	22,03	49,51	1,15	262,91	66,42
Moyenne	1,46	8,99	14,76	23,38	0,83	210,08	61,17

### 4. CONCLUSION

Ce travail relatif à la détermination de l'itinéraire technique et l'importance des oignons cultivés dans l'oasis de Gabès a permis de remarquer la réticence des jeunes à travailler dans le secteur de l'agriculture, 9 % uniquement des agriculteurs enquêtés ont un âge inférieur à 40 ans. De plus, la propriété foncière dans les oasis se caractérise par la réduction des superficies des exploitations puisque 52 % des agriculteurs enquêtés possèdent des superficies inférieures à 1ha. Les pourcentages montrent clairement le morcellement du système foncier qui est une caractéristique des oasis. Ce morcellement est la conséquence de l'héritage successif et le partage des terres entre tous les ayants droit. L'oignon est une culture importante, il est pratiqué chez 21 % des agriculteurs visités. L'itinéraire technique de cette espèce reste traditionnel avec une spécificité d'entretien d'un agriculteur à un autre. L'utilisation de nouvelles techniques de production et d'irrigation, l'utilisation de fumier bien décomposé, la rareté d'eau et les ravageurs constituent des handicaps au développement de cette espèce. Les analyses des paramètres morphologiques de l'oignon au stade poireau sont de 81,675 g pour le poids total moyen et de 49.06 g pour la partie consommable. L'analyse du jus a révélé que cette espèce est riche en sucre, en sels minéraux en hydrate de carbone et en éléments minéraux.

Ce travail a permis de tracer le savoir faire local en matière de travail et de conduite de l'oignon. Cependant, les techniques de conduites varient d'un exploitant à un autre. Par conséquent, il serait judicieux de faire des recherches pour l'amélioration des techniques de plantation, optimiser les besoins en eau et en fertilisants et la valorisation industrielle de cette culture pour éviter les perturbations des prix constatés pendant certaines saisons.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alaya K., (1979). Identification et analyse des systèmes de production dans les oasis littorales. Thèse de doctorat. *Institut National Agronomique de Tunis*, Tunis, 142 p.
- Estivin A.E., (2000). Itinéraires techniques des cultures maraichères en milieu oasien (oasis de Gabès). Diplôme d'ingénieur technique agricole ENITAC, sil de Marmilhal, 1-50.
- Haddad, M., (2007). Système de production et techniques culturales en milieu oasien (oasis de Gabès Tunisie). *Revue NEW MEDIT* N°2 : 38-43.
- Heller ; R. (1969). *Biologie végétale* Tome II. Masson et C<sup>le</sup>.
- Jeder H., Ferchichi A., Ben Salah M., (200). Etude de la biodiversité végétale dans l'oasis de Chenini Gabès, ASOC, PNUD-FEM/PMF, 1-79.
- Kouki K., Bouhaouach H., (2009). Etude de l'oasis traditionnelle Chenini Gabès dans le Sud Est de la Tunisie. *Tropicultura*, 93-97.
- Lasram M., (1990). Les systèmes agricoles oasiens dans le Sud de la Tunisie. *Options Méditerranéennes*, Série A. Séminaires Méditerranéens n° 11, 21- 27.



## Caractérisation des semences des principaux légumes de l'oasis de Gabès et étude de leurs résistances vis-à-vis deux concentrations de NaCl

Ben Abed Safa<sup>1</sup>, Al Mohandes Dridi Bouthaina<sup>2</sup>, Jeridi Ridha<sup>1</sup>, Haddad Mansour<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Ardoculture et Cultures Oasiennes, Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie

<sup>2</sup>Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariém, Sousse, Tunisie

### RESUME

Ce travail conduit dans les oasis littorales de Gabès, essaye de mettre le point sur la production des légumes dans l'étage sous-jacentes, l'importance et les techniques des semences locales. Il a permis de montrer que les semences locales sont menacées par l'introduction des semences étrangères qui causerait à long terme une menace qui pourrait conduire à leur extinction. Les semences des espèces qui sont encore produites localement dans cette oasis sont : le navet, l'ail, la carotte, le persil, la blette, la laitue, la coriandre et l'oignon. Les techniques de production de semences sont identiques selon un savoir faire transmis de génération en génération. Par ailleurs les semences de la blette, de la laitue et du navet soumises à des fortes concentrations de NaCl ont montré des sensibilités différentes pendant les premiers stades de développement. Enfin, les fortes concentrations du NaCl perturbent les processus de germination. Par conséquent, la collecte des semences locales est une urgence pour les sauvegarder dans un contexte de durabilité.

**Mot clés :** Oasis, semences locales, caractérisation, salinité

### SUMMARY

This work tries to know the importance of the production of vegetables in the underlying floor and have an idea about the place and the technical production of local seeds in the oasis of Gabès. Results showed that local seeds are threatened by the introduction of foreign seeds that cause in long-term their extinction. The seeds of the species that are still produced locally in this oasis are: turnip, garlic, carrot, parsley, chard, lettuce, cilantro and onion. The techniques of seed production are the same as knowledge heritage from generation to generation. Also the seeds of chard, lettuce and turnip subjected to high concentrations of NaCl showed different sensitivities during the early stages of development. Finally, high concentrations of NaCl disturb the germination processes. Therefore, the collection of local seeds is an urgency to save them in the context of sustainability

**Key words:** Oases, local seeds, characterization, salinity

### 1. INTRODUCTION

En Tunisie, les oasis sont situées dans le sud aux gouvernorats de Gabès, Kébili, Tozeur et Gafsa. Elles occupent près de 42 000 ha, ce qui représente environ 0,8% de la superficie agricole totale et 13% de la superficie totale des périmètres irrigués (Ben salah, 2011). L'exploitation de l'espace oasien montre bien comment les agriculteurs ont essayé de s'adapter aux conditions climatiques arides (Kassah,2009). Le mode de vie ancien était basé sur un nomadisme de type pastoral, mais aussi sur la complémentarité steppes-oasis. Les ressources de la steppe et des oasis assuraient la totalité des besoins de la population et du cheptel. Ils constituent un héritage agronomique pastoral exceptionnel. Ces ressources phylogénétiques constituent la base biologique de la sécurité alimentaire (Benzarti, 2000). Les diverses espèces locales et la diversité génétique qu'elles renferment jouent un rôle primordial dans le développement économique, social et culturel. Les ressources génétiques locales demeurent la matière première la plus importante pour le sélectionneur. Les connaissances endogènes et les savoir-faire des communautés rurales, tels les oasiens, qui ne prélevaient de la nature que le strict besoin, ont beaucoup contribué à la préservation des ressources naturelles notamment les semences locales. En effet, les semences constituent le point de départ de toute production végétale. Elles conditionnent la qualité des récoltes et assurent la sécurité alimentaire des oasiens du fait qu'elles sont parmi les principales composantes pour régénérer les plantes. C'est ainsi que les oasiens ont de tout temps produit localement leurs propres semences à partir de leurs propres récoltes. Ils sélectionnaient, conservaient et échangeaient entre eux les graines pour les réutiliser. Le choix des semences locales est justifié par leur qualité alimentaire, leur résistance et adaptation aux différents stress du milieu et leurs propriétés de stockage. Les oasis constituaient des lieux typiques de

production de semences locales. Ces semences ont été sélectionnées sur plusieurs siècles pour s'adapter à cet écosystème actuellement très fragilisé. Or l'ouverture sur les milieux socioéconomiques, la migration intérieure et extérieure ont abouti à des changements parfois radicaux dans les pratiques agricoles des oasiens ce qui a bouleversé l'équilibre harmonieux entre l'oasien et son environnement. Le choix fait par les oasiens de cultiver de nouvelles variétés est motivé par un niveau de production plus élevé que les semences locales et un canevas de critères de qualité répondant aux exigences du marché sans que l'on tienne compte à leur adaptation à cet écosystème. Si bien que, ces choix entraînent souvent une érosion génétique et à des échecs importants. *Donc, la préservation du matériel génétique de base devrait être parmi les premières priorités dans les programmes de sauvegarde de la biodiversité des écosystèmes oasiens.* Plus cette biodiversité est conservée, plus les chances sont sécurisantes pour répondre aux exigences des générations futures.

Ce travail essaye de s'approcher du système oasien dans la région de Gabès afin de mieux le connaître, cerner l'importance de la production des légumes dans l'étage sous-jacente et avoir une idée sur la place et les techniques de production des semences locales. Il constitue aussi une contribution pour l'identification de ce patrimoine génétique végétal local (les légumes feuilles et les condiments). Il pourrait servir ainsi à sensibiliser les oasiens que l'introduction incontrôlée des semences étrangères et les hybrides menacent ce patrimoine fort utile pour les oasiens et la durabilité des oasis.

## **2. MATERIELS ET METHODES**

La réalisation de ce travail ayant porté sur l'inventaire et la collecte de semences des principaux légumes dans les oasis de Gabès et leurs comportements en présence d'un stress salin pendant les premiers stades de croissance a comporté les étapes suivantes :

### **2.1. Enquête de reconnaissance et de contemplation**

L'enquête a concerné un échantillon de 35 oasiens qui pratiquent les cultures légumières. Le choix nous a été facilité par les agriculteurs eux même parmi ceux qui s'intéressent le plus à la production des cultures légumières. Le questionnaire comporté des questions pour l'identification des oasiens, de leurs exploitations et surtout aux pratiques culturelles de production des légumes et l'intérêt accordé aux semences locales.

### **2.2. Collecte de semences**

Chez chaque agriculteur enquêté, nous avons collecté des échantillons de semences maraîchères locales qu'il produit et qui étaient plus ou moins disponibles pendant la période de notre collecte (mois de Mars). Ces semences sont emballées dans des paquets en papier cartonné pour en assurer la caractérisation au laboratoire. Les critères déterminés sont :

#### **2.2.1. Pureté spécifique**

Le poids du lot initial de chaque espèce ainsi que les impuretés qu'il renferme ont été déterminés à l'aide d'une balance de précision (0.001) de type « Ohaus ». Ce qui permet de déduire la pureté spécifique selon la formule suivante :

$$(\text{Poids du lot initial} - \text{Poids des impuretés} / \text{Poids du lot initial}) * 100$$

#### **2.2.2. Poids de 1000 graines**

Pour cela un échantillon représentatif du lot purifié est retenu. Sur chaque lot, 200 graines sont pesées pour en déduire le poids de 1000 graines.

### **2.3. Effet de deux concentrations de NaCl sur la germination des semences**

Le but de cette expérience est de déterminer la capacité germinative et la vitesse de germination des semences locales des espèces collectées en présence de deux concentrations de NaCl : 2.5 g<sup>l</sup><sup>-1</sup> et 5 g<sup>l</sup><sup>-1</sup> dissous dans de l'eau distillée. Ces deux concentrations sont retenues car l'eau d'irrigation dans les oasis et les périmètres publics dans la région de Gabès titre entre 2 et 5 g de Résidus Sec par litre (El Haddad, 2008).

L'étude de la germination a été conduite dans les conditions du laboratoire en présence d'un témoin (Eau distillée). Pour cela, 25 graines sont réparties au hasard dans des boîtes de pétri sur coton imbibé d'eau à raison de quatre boîtes par traitement. Les tests de germination ont concerné le navet et la laitue.

Le comptage des graines germées se fait tous les 24 heures. Une graine est considérée germée lorsque la radicule apparaît.

Les observations ont porté sur :

La capacité germinative ou le taux de germination (TG): c'est le pourcentage des graines capables de germer dans des conditions bien définies après une durée de temps bien déterminée.

- La vitesse de germination : c'est le temps mis par les semences pour germer. Il est exprimé par le temps nécessaire pour atteindre 50 % de la capacité germinative, c'est à dire pour la germination de 50 % des graines.

Après 5 jours, pour le navet et la laitue, 5 plantules au stade cotylédonaire par boîte et par traitement ont été retenues. Les empreintes des cotylédons sont portées sur un papier millimétré ordinaire pour déterminer la longueur des hypocotyles et la surface foliaire.

## 2.4. Analyse des données

Les valeurs obtenues ont fait l'objet d'une analyse statistique. Les différentes valeurs et réponses du questionnaire de l'enquête ont permis de calculer les moyennes et les écart-types respectifs. Les réponses aux questions ouvertes ont permis de tirer des appréciations. Les valeurs relatives aux tests de l'effet du NaCl sur les premiers stades de croissances du navet et de la laitue ont subi une analyse de la variance moyennant le test de Newman et Keuls de comparaison multiple de moyennes.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Identification de l'exploitation et l'exploitant

#### - Age

L'âge des oasisiens est très variable. Il est de 56 ans en moyenne avec un écart type de 13. L'oasisien le plus jeune est âgé de 26 ans et le plus âgé a 82 ans. En fonction de ce critère les oasisiens sont classés en quatre groupes (Figure 1). Les résultats montrent que 8 % uniquement des oasisiens ont un âge inférieur à 40 ans alors que la majorité des enquêtés (46 %), ont un âge supérieur ou égale à 60 ans. 17% des oasisiens ont un âge compris entre 40 et 50 ans et 29 % ont un âge compris entre 50 et 60 ans (Figure 1). On constate une tendance du vieillissement des oasisiens. En effet, les jeunes sont de moins en moins attirés par le travail agricole. Ils préfèrent travailler dans les autres secteurs de production : l'industrie, les services et l'administration et considèrent que le travail dans le domaine agricole est pénible.

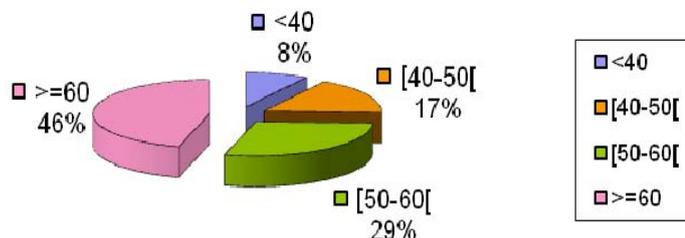


Figure 1. Répartition de l'âge des oasisiens.

#### - Activité des oasisiens

La plupart des oasisiens pratiquent l'agriculture comme une activité principale 55 %, les autres (45 %) la pratiquent comme activité secondaire.

### - Superficie

Les superficies des exploitations oasisiennes sont très variables. La superficie moyenne est de 2 ha avec un écart type de 1,41. Ces superficies varient de 0,07 ha à 6 ha maximum. En fonction de la superficie, les exploitations ont été classées en quatre groupes ainsi réparties: 23 % ont une superficie qui ne dépasse pas 0,5 ha, 29% sont comprises entre 0,5 et 1 ha, 40 % sont comprises entre 1 et 2 ha et 8% uniquement dépassent les 2 ha (Figure 2). On remarque une tendance à l'émiettement et « l'atomisation » des exploitations qui deviennent de plus en plus réduites.

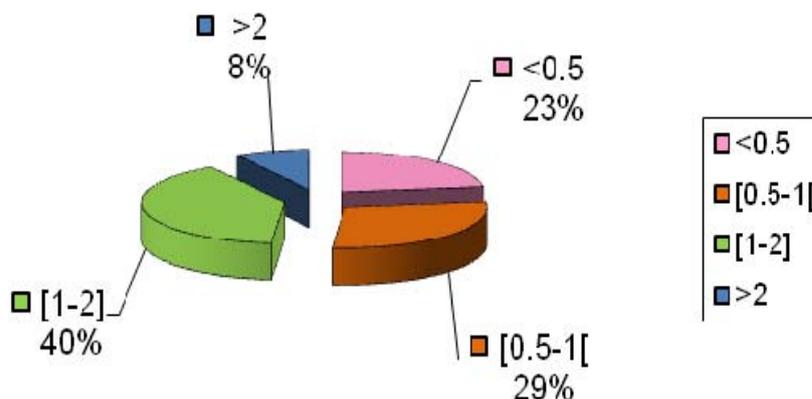


Figure 2. Répartition des tailles des exploitations.

### - Conduite des cultures

#### Distribution des cultures maraîchères

Le tableau 1 renseigne sur les résultats statistiques de l'inventaire des légumes présents dans les oasis de Gabès. Les principales espèces sont l'oignon qui occupe la première place avec un pourcentage de 22%. La deuxième place est occupée par la carotte soit un pourcentage de 13%, la troisième place est occupée par la laitue avec un pourcentage de 12%, l'ail 10% et la blette et le navet occupe respectivement 9 et 7%.

Tableau 1. Distribution des légumes dans l'oasis de Gabès.

Espèce	Pourcentage
Oignon	22
Carotte	13
Laitue	12
Ail	10
Blette	9
Persil	8
Navet	7
Coriandre	5
Epinard	4

### - Irrigation et fumure

L'enquête a permis de constater que l'irrigation de l'oasis se fait par submersion selon un tour d'eau géré par les Groupements d'Intérêt Collectif (GIC). L'eau est pompée de la nappe du Djefara, elle est disponible tous les 40 jours. Le nombre d'heures attribué à chaque oasisien est proportionnel à la taille de son exploitation (0,5 ha correspondent à 2 heures d'irrigation).

Pendant l'hiver et le printemps, les heures de pompages sont aléatoires: elles varient selon les demandes des exploitants. En outre, l'irrigation est suspendue pendant les pluies alors que pendant l'été il y a une forte demande en eau d'irrigation surtout dans les zones d'activité estivales. Toiuti

(2007) affirme que certaines cultures (maraîchages d'hiver, cultures fourragères) en cas de manque de pluie, auront des besoins spécifiquement urgents en eau pour en assurer la réussite. A titre d'exemple, l'oignon exige une double irrigation du sol avant le semis pour se débarrasser des impuretés comme les mauvaises herbes et les semences étrangères, le persil reçoit une irrigation très limitée pendant la dernière récolte, pour le radis et le navet l'agriculteur arrête l'irrigation après la floraison.

D'après notre enquête la fumure utilisée par les agriculteurs est principalement organique composé de déchets des animaux. Ce fumier ne subit pas un compostage au préalable, il est souvent acheté et non pas autoproduite. Cependant les agriculteurs utilisent plusieurs engrais chimiques et des pesticides.

#### **- Production des semences**

D'après l'enquête réalisée dans les oasis de Gabés, 74 % des oasiens produisent leurs propres semences. Cette auto- production est réalisée au niveau des espèces suivantes : le navet, la laitue, la coriandre, le fenouil, l'oignon, l'ail, le radis, la carotte, la blette et le persil. 53 % des oasiens, autoproduisant leurs semences, préfèrent les semences locales de leurs sélections car ces dernières sont adaptées et ont la possibilité de se renouveler chaque année. L'enquête a révélé que chez un seul agriculteur, les semences de 4 espèces sont autoproduites en même temps. L'autoproduction des semences suit l'ordre suivant : Oignon en premier suivi de la blette, la carotte, le navet, la laitue, le persil, l'ail, le fenouil et la coriandre.

La stratégie de production des semences consiste à garder les semences de la récolte de l'année précédente pour les renouveler toutes les 2 à 3 années avec des échanges avec les agriculteurs voisins ou ceux d'une autre région.

#### **- Techniques de production des semences**

L'enquête a révélé que les agriculteurs se servent de leur savoir faire traditionnel pour assurer le bon rendement en semences. Les techniques de production varient en fonction de l'espèce. Les portes graines sont soit sélectionnées dès le début, le cas du concombre pour lequel les oasiens gardent le premier fruit jusqu'à ce qu'il jaunisse et déclenche une odeur agréable rappelant celle du melon pour en collecter les semences; soit sélectionnées pendant la dernière récolte, le cas de persil ou bien repiquées pour le navet, le radis, la carotte et l'oignon. Pour les légumes racines (radis, navet et carotte) le choix se fait sur des plants vigoureux dont on élimine le bourgeon adventif avant le repiquage. Ces portes graines sont sélectionnées parmi les plantes indemnes de toutes maladies et les plus vigoureuses. La production des semences se fait sur place ou par transplantation des pieds porte-graines (le cas de la carotte et le navet), alors que les techniques de récolte sont les mêmes. Ces dernières commencent par le séchage, le battage, le tamisage et la conservation dans des sacs en tissu. La majorité des agriculteurs insiste sur le besoin de produire des semences locales pour en assurer l'autonomie, sur la difficulté de s'auto approvisionner en semences dans les délais et les techniques de production qui nécessite un savoir faire qui n'est pas souvent bien maîtrisé et transmis. En effet il y a de moins en moins d'oasien qui produisent les semences et qui en sont amateurs.

### **3.2. Caractérisation des semences**

#### **- La pureté spécifique**

La pureté spécifique moyenne des espèces étudiées est présentée dans le tableau 2. Ce tableau indique que le navet est l'espèce qui présente la pureté spécifique la plus élevée, suivi de laitue, la blette, le persil, la coriandre, la carotte et le fenouil soit, respectivement, 94.1, 87.7, 86.2, 84.2, 77.1, 62.5 et 62.1% ; alors que l'épinard est l'espèce qui a la pureté spécifique la plus basse (61,7%).

**Tableau 2.** Pureté spécifique moyenne des espèces collectées.

<b>Espèces</b>	<b>Pureté spécifique moyenne (%)</b>
Epinaard	61,7
Persil	84,2
Coriandre	77,1
Carotte	62,5
Blette	86,2
Navet	94,1
Laitue	87,7
Fenouil	62,1

**- Poids de 1000 graines**

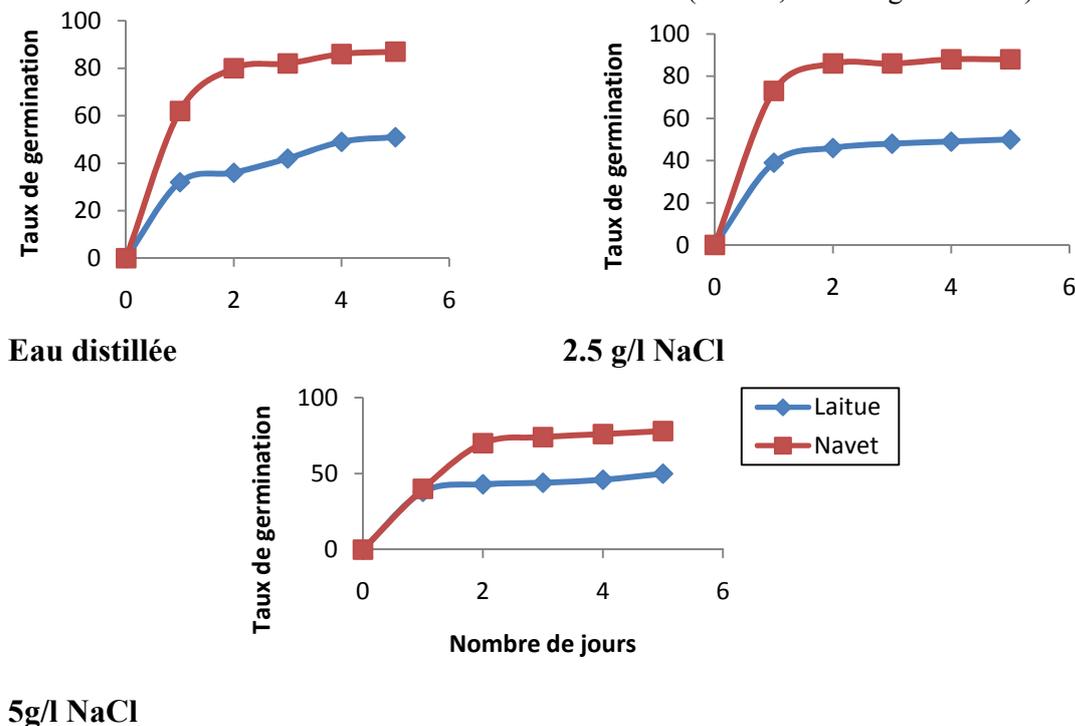
Le tableau 3 montre que le fenouil et la laitue ont des graines de très petite taille, le poids de 1000 graines ne dépasse pas 1 g. Par contre, le poids moyen de 1000 graines de la blette et de la coriandre sont de 11,08 g et 15,5 g respectivement.

**Tableau 3.** Poids de 1000 graines des espèces collectées

Echantillons	Poids de 1000 graines (g)
Carotte 1	1,79
Carotte 2	2,16
Persil 1	2,07
Persil 2	1,71
Epinard	6,99
Blette 1	14,26
Blette 2	16,76
Coriandre 1	13,05
Coriandre 2	9,11
Piment	6,26
Fenouil	0,98
Laitue 1	0,68
Laitue 2	0,70
Navet	3,05

**- Capacité germinative des semences**

Deux concentrations de NaCl (2,5 et 5 g de NaCl l<sup>-1</sup>) ont été testées sur le navet et la laitue. La première concentration est proche de celle des eaux d'irrigation employée actuellement dans les oasis de Gabès, la deuxième est proche de la concentration des eaux des nappes phréatiques employées dans certains périmètres publics irrigués. La figure 3 représente l'évolution du taux de germination journalier de la laitue et du navet traitées avec l'eau distillée (témoin, 2.5 et 5 g/l de NaCl).



**Figure 3.** Effet du NaCl sur la variation du taux journalier de la germination de la laitue et du navet.

En présence de l'eau distillée, le navet a présenté un taux de germination plus élevé que la laitue. Ces taux sont de 87 et 51%, respectivement. Ils ont été atteints au bout du cinquième jour. Avec 2.5 g et 5 g de NaCl, les taux de germination du navet et de la laitue n'ont pas accusé une baisse notable et sont proche du traitement témoin. La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination (Zid et Grignon, 1991). La salinité perturbe également les systèmes enzymatiques impliqués dans les différentes fonctions physiologiques de la graine en germination telle que la diminution de l'activité du poly phénol-oxydase et amylase.

#### - Effet de la salinité sur la vitesse de germination

La détermination de la vitesse de germination qui correspond au temps nécessaire pour la germination de 50 % est déduite pour chaque espèce des courbes des pourcentages de germination en fonction du temps pour chaque niveau de salinité. Le temps est mesuré en heures (Tableau 4). Ce tableau montre que la laitue est l'espèce qui présente la plus faible vitesse de germination. En effet, avec les 3 traitements son taux de germination n'a pas dépassé 51 % même au bout de 7 jours (168 heures). Par contre, le navet présente la plus grande vitesse de germination. Traité à l'eau distillée, son taux de germination atteint 50 % avant les 24 premières heures. En plus, il garde la vitesse de germination la plus élevée même en présence de 2,5 et 5 g/l de NaCl soit 24 h et 34 heures respectivement. Des travaux conduits sur le pois chiche montrent une sensibilité à l'action du NaCl, au stade de germination. A des concentrations de sel qui dépassent 34 mM la capacité germinative ainsi que la vitesse de germination de cette espèce sont fortement touchées (Hajlaoui et al., 2007).

**Tableau 4.** Variation de la vitesse de germination (en heures) du navet et laitue en fonction de la salinité.

Espèce	0 g/l NaCl	2,5 g/l NaCl	5 g/l NaCl
Navet	< 24	< 24	34
Laitue	96	96	96

#### - Longueur hypocotyle et surface cotylédons

##### Le navet

Le tableau 5 montre que la longueur moyenne de l'hypocotyle du navet varie largement d'un traitement à un autre. En effet il est de l'ordre de 40,40 mm pour le Témoin 9,20 mm pour le traitement 2,5 g/l NaCl et 4.85 mm pour le traitement 5 g/l du NaCl. Par contre la surface foliaire moyenne est réduite pour le traitement 5 g/l NaCl 45,40 mm<sup>2</sup>, pour l'eau distillée et la solution de 2,5 g/l NaCl elles sont respectivement 54,50 et 75,20.

L'analyse statistique a montré des différences hautement significatives pour la longueur moyenne de l'hypocotyle et significatives pour la surface moyenne des cotylédons. Le test de Newman et Keuls a permis de classer ce paramètre en deux groupes.

**Tableau 5.** Longueur de l'hypocotyle (LH) et de la surface cotylédons (SC) du navet.

	Eau distillée	2,5 g/l NaCl	5 g/l NaCl
LH moyenne (mm)	40,40a	9,20b	4,85c
SC moyenne (mm <sup>2</sup> )	54,50d	75,20e	45,40d

Les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes par le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %.

##### La laitue

Le tableau 6 montre que la longueur moyenne de l'hypocotyle de la laitue varie largement d'un traitement à un autre. En effet il est de l'ordre de 19,75 mm pour le témoin, 8 mm et 3.2 mm respectivement pour les traitements 2.5 et 5 g de NaCl. La surface foliaire moyenne n'est pas trop affectée par la concentration du NaCl, en effet elles sont, respectivement, de 17,85, 16,85 et 14,10 pour l'eau distillée, 2,5 et 5 g/l NaCl.

**Tableau 6.** Longueur moyenne de l'hypocotyle (LH) et de la surface des cotylédons (SC) de la laitue.

	Eau distillée	2,5 g/l NaCl	5 g/l NaCl
LH moyenne (mm)	19,75a	8b	3,20c
SC moyenne (mm <sup>2</sup> )	17,85d	16,85d	14,10d

Les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes par le test de Newman et Keuls au seuil de 5 %.

L'analyse statistique montre des différences non significatives pour les surfaces des cotylédons qui sont classées en un seul groupe et hautement significatives pour la longueur de l'hypocotyle ( $\text{prop}=0,000 < 0,005$  avec  $\alpha = 5\%$ ). Le test de Newman et Keuls a permis de classer la longueur de l'hypocotyle en 3 groupes différents prouvant que les trois traitements ont influencé ce paramètre.

**Tableau 7.** Effet des traitements étudiés sur la longueur de l'hypocotyle de la laitue.

### LH

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

TRAIT	N	Sous-ensemble pour alpha = .05		
		1	2	3
3,00	20	3,2000		
2,00	20		8,0000	
1,00	20			16,7500
Signification		1,000	1,000	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 20,000.

## 4. CONCLUSION

L'accroissement démographique est un défi qui nous oblige à produire plus, mais produire plus - moyennant notamment, les semences hybrides- ne veut pas dire mieux se nourrir car dans la plupart des cas on cherche la quantité et non pas la qualité. Les cultures maraîchères sont à la base de la sécurité alimentaire, alors elles sont les plus concernées. Elles sont menacées par l'introduction des semences étrangères qui sont de plus en plus utilisées par les agriculteurs pour leurs productivités. Ceci causerait à long terme une menace sérieuse pour les semences locales qui pourrait conduire à leur extinction. Ces dernières sont adaptées aux conditions locales, leur sélection a demandé un travail de longue haleine sur plusieurs siècles. Dans le cas des oasis le problème est plus accentué vu son microclimat fragile, les oasisiens ont ainsi besoin de protéger le patrimoine génétique locale des différents cultures pour en assurer sa durabilité.

C'est dans ce cadre que cette étude a été initiée pour la caractérisation des principales espèces maraîchères dont on pense que les semences sont produites localement.

La prospection faite dans les oasis de Gabès a montré que :

- Les semences des espèces qui sont encore produites localement à Gabès sont : le navet, l'ail, la carotte, le persil, la blette, la laitue, la coriandre et l'oignon.
- La production des semences se fait sur place ou par transplantation des pieds porte- graines (le cas de la carotte et le navet), alors que les techniques de récolte sont les mêmes. Ces dernières commencent par le séchage, le battage, le tamisage et la conservation dans des sacs en tissu.

Les analyses de la pureté spécifique ont révélé que:

- Le navet est l'espèce qui présente la pureté spécifique la plus élevée alors que l'épinard est l'espèce qui a la pureté spécifique la plus basse.

Les graines du fenouil et de la laitue sont de petites tailles et leurs poids ne dépassent pas 1g, la blette et la coriandre ont un poids de 1000 graines de 11,08 et 15,5g respectivement.

Pour les tests de l'effet du Na Cl sur les taux et les vitesses de la germination nous avons retenu que :

- Le navet est l'espèce la plus adaptée aux taux élevés de NaCl alors que la laitue montre un taux de germination faible (51%).

Au niveau de la caractérisation morphologique:

- Pour le navet, la longueur de l'hypocotyle et la surface de cotylédons sont très influencés par le stress salin : En perspectives, la collecte des semences locales doit se poursuivre pour en assurer leur conservation dans la « Banque des gènes » pour pouvoir s'en servir pour les programmes de sélection et d'amélioration.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ben Salah M., (2011). La palmeraie de Gabès. Issued by Phoenix Project, France-Italy 2011,1-7.
- Benzarti S., (2000). Contrôle et inscription des semences maraîchères importées et locales. Projet de Fin d'Etude, INRAT, 54-56.
- El Haddad, (2008). Importance et comportement du corète potagère (*Corchorus olitorius L.*) vis-à-vis du stress salin dans les conditions oasiennes. Mastère de physiologie cellulaire et moléculaire des plantes. Faculté des sciences de Tunis, 95p.
- Kassah A., (2009). Oasis et aménagement en zones arides Enjeux, défis et stratégies. Actes de l'atelier Sirma « Gestion des ressources naturelles et développement durable des systèmes oasiens du Nefzaoua », 1-6.
- Zid E., Grignon C., (1991). Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELFUREF. J.Libbey Eurotext, eds. Paris, 91-108.



## Irrigation déficitaire à l'eau salée : étude du cas de la pomme de terre d'automne irriguée au goutte à goutte de surface et souterrain en milieu aride

Jamil Ben Hamida, Fathia El Mokh, Kamel Nagaz  
Laboratoire Aridoculture et Cultures Oasiennes  
Institut des Régions Arides, 4119 Médenine, Tunisie.

Email:jamilboulot@yahoo.fr ; Nagaz.Kameleddine@ira.rnrt.tn; fathiamokh@yahoo.fr

### RESUME

Le présent travail porte sur l'évaluation de l'impact de l'irrigation déficitaire à l'eau salée sur la culture de pomme de terre d'automne avec deux méthodes d'irrigation goutte à goutte de surface et souterraine en milieu aride. L'objectif étant d'évaluer l'effet de l'irrigation goutte à goutte en surface et souterraine et de l'irrigation déficitaire à l'eau salée sur la salinité du sol, le rendement et l'efficacité de l'utilisation de l'eau de la pomme de terre et de développer une stratégie d'irrigation déficitaire de la pomme de terre d'automne adaptée aux conditions de l'aride Tunisien en vue d'économiser l'eau d'irrigation et contrôler la salinité du sol.

L'expérimentation a été menée sur la pomme de terre d'automne cultivée sur un sol sableux dans une parcelle de production située dans le sud Tunisien. L'eau d'irrigation utilisée provient d'un puits de surface et présente une CEi de 7 dS/m. Trois régimes d'irrigation ; une pleine irrigation (PI-100), une irrigation déficitaire DI-60 avec 40% moins d'eau d'irrigation et une autre DI-30 avec 70% moins d'eau, ont été appliqués pour la culture de pomme de terre irriguée au goutte à goutte en surface et souterraine. Le dispositif expérimental adopté est le split-plot avec trois répétitions, deux systèmes d'irrigation et trois régimes hydriques. Les systèmes d'irrigation goutte à goutte de surface (SD) et souterrain (SSD) constituent les parcelles principales, tandis que les sous parcelles sont présentés par les traitements hydriques. Les mesures effectuées ont porté sur la salinité du sol à différentes périodes de cycle de la culture de la pomme de terre. A la récolte, le rendement et ses composantes ont été déterminés. La salinité du sol a, également, été évaluée.

Les résultats obtenus montrent que le système goutte à goutte souterraine réduit la salinité du sol par rapport à celui en surface. Le système d'irrigation goutte à goutte en surface conduit à une réduction de rendement et ses composantes par rapport à celui souterrain. Pour les deux méthodes irrigation, l'effet du régime de l'irrigation a été également important ; le rendement et ses composantes les plus élevés ont été observées avec le régime de pleine irrigation (PI-100). Cependant, les traitements d'irrigation déficitaire (DI-30 et DI-60) augmentent la salinité du sol et réduisent considérablement les rendements de pomme de terre. La salinité élevée associée avec les traitements d'irrigation déficitaire provoque des réductions importantes dans les composantes du rendement. L'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) varient considérablement entre les traitements et les méthodes d'irrigation. Les efficacités obtenues avec le système SSD sont généralement plus élevées que celles enregistrées avec celui SD. Les faibles efficacités ont été observées pour le traitement PI-100, tandis que les valeurs les plus élevées ont été obtenues avec le traitement DI-30. Les techniques d'irrigation SSD et PI-100 semblent être les plus appropriées pour optimiser l'utilisation de l'eau salée en irrigation de la pomme de terre et de contrôler la salinité du sol. Dans des situations de pénurie d'eau, le traitement déficitaire (DI-60) pourrait être une alternative pour la conduite de l'irrigation de pomme de terre d'automne sous les conditions arides du sud Tunisien. Ces résultats démontrent que le système goutte à goutte souterraine (SSD) permet davantage de gain de productivité et son potentiel dans la gestion et d'utilisation des eaux salées.

**Mots-clés:** Eau salée, irrigation déficitaire, pomme de terre, rendement, productivité de l'eau, aride.

### SUMMARY

This work is devoted to the evaluation of deficit irrigation through surface and subsurface drip irrigation systems with saline water on potato yield and WUE under the arid conditions of Tunisia. The objective is to determine the effect of surface and subsurface drip irrigation and deficit irrigation with saline water on soil salinity, growth, yield and water use efficiency of autumn potato and to develop an irrigation strategy based on deficit irrigation of potato allowing to reduce water supplies and

soil salinization that can be used by farmers as tools in their irrigation with saline water under arid conditions.

The experimentation was carried out on autumn potato cultivated on a sandy soil and irrigated with shallow well water having an  $EC_i$  of 7 dS/m. Field design with three replications, two irrigation methods as main plots and three irrigation regimes as subplots was used. The surface drip and subsurface drip irrigation methods (4 l/h) were used. The considered irrigation treatments are as follow: full irrigation (PI-100) treatment irrigated when readily available water in the root zone has been depleted and plants in that treatment received 100% of cumulated crop evapotranspiration ( $ET_c$ ), two additional treatments are irrigated at the same frequency as treatment PI-100, but with quantities equal to 60 and 30% of cumulated  $ET_c$  (40% deficit (DI-60) and 70% deficit (DI-30)). The measurements carried out have focused on, soil salinity, at different periods of potato cropping season. The water supply, potato yield, yield components and soil salinity were also measured.

The soil salinity decreased with subsurface drip method. The growth and yield of potato irrigated through surface drip method were lower when compared with subsurface drip irrigation system. With both surface and subsurface drip irrigation, the effect of irrigation regime was also substantial. The yield and its components were highest under the full irrigation (PI-100). However, deficit irrigation treatments (DI-30 and DI-60) increased soil salinity and reduced significantly potato yields. A higher salinity associated with deficit irrigation caused important reductions in yield components. Water use efficiency (WUE) was found to vary significantly among irrigation methods and treatments. WUE of SSD method had generally higher values than SD. The lowest WUE values were observed for the PI-100 treatment, while the highest values were obtained under DI-30 treatment for both methods.

The SSD and PI-100 irrigation techniques seem to optimize the use of saline water in potato production and to control soil salinity. Under situations of water shortage, adopting deficit irrigation treatment (DI-60) could be an alternative for irrigation scheduling of autumn potato under the arid conditions of southern Tunisia. These results show that the subsurface drip irrigation allows more productivity profit and its potential in saline water use and management.

**Key words:** Saline water, deficit irrigation, drip-irrigation, potato, yield, water productivity, arid areas.

## 1. INTRODUCTION

La restriction des apports d'eau de bonne qualité est le facteur le plus important limitant la production agricole en Tunisie. Actuellement, l'utilisation des eaux salées s'accroît particulièrement dans les zones arides du sud tunisien où la pluviométrie moyenne annuelle est moins de 200 mm. Dans ces régions, l'irrigation de plusieurs cultures telles que la pomme de terre se développe autour des puits de surface qui exploitent les nappes phréatiques ayant une salinité supérieure à 2-3 g/l. La pomme de terre, considérée comme culture sensible à la salinité du milieu (Maas et Hoffman, 1977), est cultivée dans ces petits périmètres hors oasis comme culture de printemps, d'automne et d'hiver. Toutefois, la pratique des cultures relativement sensibles à la salinité dans les régions arides ne peut pas être durable sans une gestion appropriée de l'eau et de la salinité.

La réponse des cultures aux apports hydriques variables a été étudiée pour plusieurs cultures afin de déterminer les stratégies d'irrigation permettant d'optimiser le rendement et la productivité de l'eau (Ayars et al., 1991; Minhas, 1996; Bustan et al., 2004; Zhang et al., 2004; Ali et al., 2007; Nagaz et al. 2007, 2008). Il a été démontré qu'un pilotage optimum nécessite une estimation précise de l' $ET_c$  (Doorenbos and Pruitt, 1977), et que la détermination de l' $ET_c$  lorsque le sol n'est pas totalement couvrant par la culture doit considérer l'évaporation du sol et la transpiration de la culture séparément pour tenir compte de la couverture partielle du sol (Ritchie, 1972).

Outre le problème chronique du manque d'eau, l'agriculture irriguée dans les régions arides est soumise au danger d'accumulation de sels dans les sols vu la qualité des eaux utilisées et la forte demande climatique. Par conséquent, une gestion adéquate et durable doit prendre en considération l'effet de l'irrigation sur le rendement et l'environnement, en particulier les risques de dégradation du sol par le sel.

Le présent travail est une étude menée dans le sud Tunisien sur l'irrigation déficitaire à l'eau salée de la culture de pomme de terre d'automne avec deux méthodes d'irrigation goutte à goutte de surface et souterraine en milieu aride. L'objectif étant d'évaluer l'effet de l'irrigation goutte à goutte en surface

et souterraine et de l'irrigation déficitaire à l'eau salée sur le rendement et l'efficacité de l'utilisation de l'eau de la pomme de terre et de développer une stratégie d'irrigation déficitaire de la pomme de terre d'automne adaptée aux conditions de l'aride Tunisien en vue d'économiser l'eau d'irrigation et contrôler la salinité du sol.

## 2. MATERIELS ET METHODES

L'expérimentation a été conduite dans la parcelle expérimentale du centre de formation agricole de Médenine dans le sud-est de la Tunisie. Elle a concerné des plantes de pomme de terre "Spunta" cultivées en plein champ. Le sol est de texture sableuse. Ce sol est caractérisé par une humidité à la capacité au champ de 12,69% et une humidité au point de flétrissement permanent de 4,30%. La densité apparente du sol est de 1,46 g/cm<sup>3</sup>. Ainsi, l'eau totale disponible, pour une profondeur racinaire de la pomme de terre de 0,60 m, est de 74 mm. Le climat de la région est aride inférieur. La conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée du sol (CEe) mesurée avant l'installation de la culture dans cette couche est de l'ordre de 8,9 dS/m.

La plantation a été effectuée le 01 Octobre 2010 en plein champ avec un espacement de 40 cm entre les plantes et de 80 cm entre les lignes. Le dispositif expérimental adopté est le split-plot avec trois répétitions, deux systèmes d'irrigation et trois régimes hydriques. Les systèmes d'irrigation goutte à goutte de surface (SDI) et souterrain (SSDI) constituent les parcelles principales, tandis que les sous parcelles sont présentées par les traitements hydriques.

La fertilisation a consisté à un apport homogène, avant la plantation, de 17 t/ha de fumure organique. Quant à la fertilisation minérale, elle a été conduite selon les pratiques adoptées par les agriculteurs. Les apports ont été de 300 kg/ha d'azote, 300 kg/ha de phosphate et de 200 kg/ha de potasse pour tous les traitements. Les éléments P et K ont été apportés avant la plantation, l'azote a été fractionné et délivré dans l'eau d'irrigation durant la période allant de la levée jusqu'à l'initiation des tubercules, et une quantité de 120 kg/ha de nitrate de potassium a été apporté après la phase de tubérisation.

L'eau d'irrigation provient d'un puits de surface et a une salinité de l'ordre de 7.6 dS/m et possède les propriétés chimiques données au tableau 1. Une vanne et un compteur volumétrique ont été placés à l'entrée de chaque bloc élémentaire permettant ainsi de mesurer la quantité d'eau d'irrigation délivrée.

**Tableau 1.** Composition chimique de l'eau d'irrigation (meq.l<sup>-1</sup>)

CEi (dS.m-1)	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Na+	K+	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> +HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SAR <sub>iw</sub>
7,6	26,4	48,8	1,4	4,2	32,2	40	13,4

Pour les deux systèmes d'irrigation, trois régimes d'irrigation ont été considérés. Partant d'un sol à la capacité au champ à la plantation, une fraction de la quantité d'eau évapotranspirée est apportée lorsque la réserve facilement utilisable dans la zone racinaire, prise 35% de la réserve utile, est épuisée. Le premier traitement (PI-100) consiste à délivrer 100 % de l'eau évapotranspirée ramenant ainsi le sol de nouveau à la capacité au champ. Les deux autres traitements (DI-60 et DI-30) consistent à ne délivrer que 60 et 30% des quantités données pour le traitement PI-100 mais en adoptant la même fréquence que celui-ci.

Les apports d'eau ont été calculés par la méthode du bilan hydrique. L'évapotranspiration de la culture est estimée en utilisant la méthode de la FAO-56 (Allen et al 1998) avec le coefficient cultural (Kc). Un modèle du bilan hydrique fonctionnant au pas de temps journalier a ainsi été développé sous forme d'une feuille de calcul Excel. Le modèle estime les valeurs de la profondeur d'enracinement et du pourcentage de couverture, calcule toutes les composantes du bilan hydrique, et fournit une consigne d'irrigation lorsque 60% de la réserve utile est épuisé (100-ETc).

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Salinité du sol

La valeur de la salinité initiale du sol est élevée et elle est de l'ordre de 8.94 dS/m (Figure 1). La salinité du sol mesurée sous pleine irrigation (PI-100), pendant la phase de développement (24.11.2010), mi-saison (10.12.2010) et à la récolte (22/01/2011) sont de l'ordre de 5,18 ; 6,05 et 4,90 dS/m, respectivement, pour l'irrigation goutte à goutte souterraine (SSD), de 6,84 ; 8,02 et 5.83 dS/m dans le cas de l'irrigation goutte à goutte en surface (SD). Cependant, la pratique de l'irrigation

déficitaire avec des réductions de 40 et 70% des apports par rapport à l'irrigation totale (DI-60 et DI-30) provoque une accumulation des sels dans la zone racinaire croissante avec le niveau de réduction pour les deux méthodes d'irrigation. Le traitement PI-100 réduit considérablement la salinité du sol par rapport aux traitements DI-60 et DI-30. Bien que les quantités de sels apportées au sol avec le traitement de l'irrigation totale (PI-100) sont plus élevées que celles avec les traitements déficitaire (DI-60 et DI-30), il présente une salinité du sol inférieure aux traitements déficitaires. Ce fait est probablement dû à une situation de drainage qui favorise l'évacuation des sels au delà de la profondeur étudiée de 60 cm. La réduction des apports d'eau réduit certes la quantité de sels apportée au sol, mais elle ne contribue pas à un lessivage efficace du sol.

Les résultats montrent une diminution de la salinité du sol pendant la phase de développement par rapport à la salinité initiale pour tous les traitements d'irrigation (PI-100, DI-60 et DI-30). Cette réduction est probablement due aux quantités de pluie reçues dans cette période (40,5 mm) qui ont provoqué un lessivage des sels accumulés dans la zone racinaire. Pendant la phase de mi-saison, une augmentation des valeurs de la salinité du sol a été observée pour tous les traitements. Ceci s'explique par le fait que, durant cette période, les apports d'eau sont principalement par irrigation. A la récolte, les valeurs de la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée (CEe) diminuent considérablement à cause de la pluie enregistrée le 16/12/2010 (21 mm) qui a probablement provoqué un lessivage des sels accumulés dans la zone racinaire.

Les valeurs de la salinité du sol sont plus faibles en cas d'irrigation goutte à goutte souterraine (SSD) que celles obtenus avec le système goutte à goutte en surface (SD) pour tous les traitements hydriques. Ces résultats sont comparables à ceux rapportés par Oron et al. (1998) qui ont signalé que la salinité du sol irrigué avec la technique goutte à goutte souterraine est plus faible que celle dans le cas de l'irrigation goutte à goutte en surface.

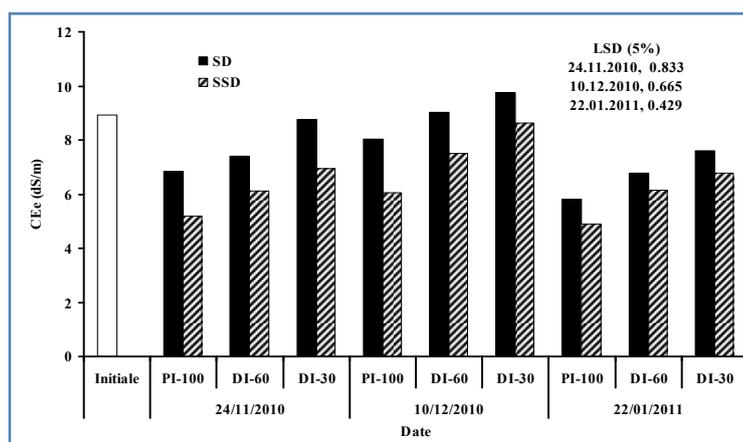


Figure 1. Salinité du sol (CEe, dS/m) mesurée à différentes périodes de cycle de développement de la pomme de terre d'automne sous irrigation goutte à goutte en surface et souterraine.

### 3.2. Rendement et ses composants

Les conséquences des traitements et des systèmes d'irrigation sur le rendement de la pomme de terre ont été appréciés à partir des critères analysés à l'échelle de la plante à savoir le rendement en tubercules frais, le nombre des tubercules par m<sup>2</sup>, le poids par tubercule et le calibre des tubercules. Les données concernant le rendement sont présentées dans le tableau 2, celles des composants du rendement sont présentées dans le tableau 3.

Les résultats obtenus montrent que le rendement en tubercules frais est significativement affecté par la méthode d'irrigation (Tableau 2). En effet, le système goutte à goutte en surface (SD) a engendré une réduction de rendements en tubercules frais de 19,1 ; 30,5 et 36,2% par rapport à celui obtenu avec le SSD, respectivement, pour les traitements PI-100, DI-60 et DI-30. Le système goutte à goutte en surface (SD) provoque une baisse de 21 ; 7,6 et 10% dans le nombre de tubercules/m<sup>2</sup>, le poids par tubercule et le calibre de tubercules par rapport à ceux obtenus avec le SSD.

Les résultats obtenus montrent également que le rendement en tubercules frais est significativement affecté par les traitements hydriques (Tableau 2) ; le maximum du rendement de pomme de terre pour

les deux méthodes SD et de SSD est obtenu avec le traitement PI-100. Les rendements obtenus avec PI-100 sont, respectivement, de 23,01 et 18,61 t/ha. Pour les deux méthodes d'irrigation, les traitements d'irrigation déficitaire (DI-60 et DI-30) conduisent à une réduction significative du rendement en tubercules frais par rapport à celui obtenu avec le traitement PI-100. La chute de rendement de pomme de terre avec les traitements DI-60 et DI-30 est, respectivement, de l'ordre de 42 et 69%, de 32 et 44% avec les systèmes SD et SSD. Les traitements DI-60 et DI-30 montrent également une différence significative entre eux. Steyn et al. (1998) ont montré que le rendement de pomme de terre diminue significativement avec la réduction des apports hydriques.

**Tableau 2.** Rendement en tubercules frais (t/ha) sous les différents traitements et systèmes d'irrigation

Méthode d'irrigation	Traitement hydrique			
	PI-100	DI-60	DI-30	Moyenne
SD	18,61	10,80	5,77	11,72
SSD	23,01	15,55	9,05	15,87
Moyenne	20,81	13,17	7,41	
LSD (5%)				
Méthode d'irrigation (DI)	3,279			
Traitement hydrique (TH)	2,901			
Interaction (DI*TH)	2,735			

**Tableau 3.** Composantes du rendement de la pomme de terre sous les différents traitements appliqués.

Méthode d'irrigation	Traitement hydrique			
	PI-100	DI-60	DI-30	Moyenne
<b>Nombre de tubercules/m<sup>2</sup></b>				
SD	19,75	12,63	7,88	13,41
SSD	22,88	16,88	11,25	17,00
Moyenne	21,31	14,75	9,56	
LSD (5%)				
Méthode d'irrigation (DI)	2,897			
Traitement hydrique (TH)	1,456			
<b>Poids par tubercule (g)</b>				
SD	94,19	85,29	72,93	84,13
SSD	100,59	92,26	80,46	91,10
Moyenne	97,38	88,77	76,69	
LSD (5%)				
Méthode d'irrigation (DI)	5,176			
Traitement hydrique (TH)	2,957			
<b>Calibre de tubercules (mm)</b>				
SD	47,2	41,5	38,1	42,2
SSD	52,2	45,8	42,8	49,9
Moyenne	49,7	43,6	40,4	
LSD (5%)				
Méthode d'irrigation (DI)	2,540			
Traitement hydrique (TH)	2,173			

### 3.3. Productivité de l'eau

Les apports d'eau ont été calculés à partir du temps d'application d'irrigation en considérant que les débits des goutteurs sont constants. La pluie reçue durant la saison de culture est de 61,5 mm. Le tableau 4 présente les quantités d'eau d'irrigation appliquées sous les différents traitements et systèmes d'irrigation. Notons qu'une irrigation de 74 mm à la plantation n'a pas été considérée dans les quantités totales calculées.

Pour les deux méthodes d'irrigation, les apports d'eau d'irrigation varient de 77 (DI-30) à 256 mm (PI-100). La quantité d'eau totale apportée se situe entre 138,5 (DI-30) et 317,5 mm (PI-100). La quantité d'eau d'irrigation sous le traitement de pleine irrigation (PI-100) est comparable à celle mentionnée pour la culture de pomme de terre par Singh et al. (1977), Waddell et al. (1999), Fabeiro et al. (2001), Onder et al. (2005) et Erdem et al. (2006). L'économie d'eau réalisée est de l'ordre de 40 et 70%, respectivement, pour les traitements DI-60 et DI-30.

**Tableau 4.** Apports d'eau d'irrigation et par précipitation sous les différents traitements et méthodes d'irrigation.

Traitement d'irrigation	Irrigation* (mm)	Pluie (mm)	Apport d'eau total (mm)
PI-100	256	61,5	317,5
DI-60	154	61,5	215,5
DI-30	77	61,5	138,5

\*Une irrigation de 74 mm à la plantation n'a pas été considérée dans les quantités calculées

Les valeurs de l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) obtenues sous les différents traitements et méthodes d'irrigation sont illustrées dans le tableau 5. Dans des conditions de salinité, la pratique d'une même quantité d'eau d'irrigation durant la saison de culture n'a pas donné les mêmes efficacités d'utilisation de l'eau (Tableau 5). Les valeurs des efficacités d'utilisation de l'eau d'irrigation et celle totale apportée sont comparables à celles obtenues en d'autres études conduites en plein champ (Singh et al., 1977; Van Hoorn et al., 1993; Ferreira et al., 1999, 2002). Les valeurs de l'EUE sont plus faibles avec le système d'irrigation goutte à goutte en surface (SD) et plus élevées avec celui souterraine (SSD). Pour tous les traitements hydriques, la différence entre les méthodes SD et SSD est significative. La diminution de l'EUE pour les parcelles irriguées au goutte à goutte en surface SD est la conséquence d'une réduction dans le rendement en tubercules frais.

Pour les deux systèmes d'irrigation, l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation la plus élevée est obtenue avec le traitement d'irrigation le plus déficitaire (DI-30), et la plus faible avec le traitement PI-100. Le même résultat a été signalé par Islam et al. (1990), Kashyap et panda (2003) et Yuan et al. (2003) pour la culture de pomme de terre. L'augmentation de l'efficacité d'utilisation de l'eau avec le traitement DI-30 est le résultat d'une réduction significative de la quantité d'eau d'irrigation appliquée (70%). L'EUE obtenue avec la méthode SSD et le traitement DI-30 est significativement différente de celle obtenue avec les traitements PI-100 et DI-60. Ces deux derniers ne le sont pas entre eux. Cependant, pour la méthode SD, les traitements PI-100, DI-60 et DI-30 ne montrent pas des différences significatives quoique l'EUE obtenue avec le traitement DI-30 soit la plus élevée.

L'efficacité de l'eau totale pour la production de pommes de terre obtenue avec le traitement DI-30 et le système SD est significativement différente des efficacités obtenues avec les traitements PI-100 et DI-60. Ces deux derniers le sont entre eux à un seuil de 5%. Dans le cas de l'irrigation goutte à goutte souterraine SSD, les traitements PI-100 et DI-60 ne montrent pas une différence significative entre eux. La différence entre les traitements DI-30 et PI-100 est significative à un seuil de 5%. Toutefois, les traitements DI-60 et DI-30 ne le sont pas entre eux. Les efficacités de l'eau totale les plus élevées avec le traitement PI-100 s'expliquent par le fait que la réduction du rendement (42-69% avec SD et 32-61% avec SSD) est plus élevée que celle de la quantité d'eau totale (32 et 56%).

Pour les deux méthodes d'irrigation, le traitement déficitaire DI-60 avec 40% moins d'eau d'irrigation a donné des efficacités comparables au traitement PI-100. Le rendement et la productivité de l'eau relativement élevés avec le traitement DI-60 montrent une réponse favorable de la culture de pomme de terre à un déficit hydrique modéré.

**Tableau 5.** Efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUEI) et totale reçue (EUNET) avec les différents traitements et méthodes d'irrigation.

Méthode d'irrigation	EUEI (kg/m <sup>3</sup> )				EUNET (kg/m <sup>3</sup> )			
	Traitement hydrique				Traitement hydrique			
	PI-100	DI-60	DI-30	Moyenne	PI-100	DI-60	DI-30	Moyenne
SD	7,26	7,01	7,50	7,26	5,86	5,01	4,16	5,01
SSD	8,98	10,10	11,76	10,28	7,24	7,21	6,53	7,01
Moyenne	8,12	8,55	9,63		6,55	6,11	5,35	
LSD (5%)								
Méthode d'irrigation (DI)	0,557				0,363			
Traitement hydrique (TH)	1,223				0,777			
Interaction (DI*TH)	0,495				0,309			

#### 4. CONCLUSION

L'expérience conduite sur la culture de pomme de terre d'automne cultivée sur un sol sableux et irrigué au goutte à goutte avec une eau ayant une CEi de 7 dS/m dans les conditions de l'aride tunisien a permis de dégager un certain nombre de résultats ; La salinité du sol est plus faible en cas d'irrigation goutte à goutte souterraine (SSD) qu'avec le système goutte à goutte en surface (SD) pour tous les traitements hydriques. La pratique de l'irrigation déficitaire avec des réductions de 40 et 70% des apports (DI-60 et DI-30) par rapport à l'irrigation totale conduit à une accumulation de sels dans la zone racinaire pour les deux méthodes d'irrigation. Le traitement PI-100 réduit considérablement la salinité du sol par rapport aux traitements DI-60 et DI-30.

Les résultats montrent également que le rendement de la pomme de terre est affecté par la méthode d'irrigation. Le système goutte à goutte SD a engendré une réduction des rendements de 19,1 ; 30,5 et 36,2% par rapport à ceux obtenus avec le SSD, respectivement, pour les traitements PI-100, DI-60 et DI-30. L'étude montre qu'il est possible d'atteindre de rendements de 18,61 et 23,01 t/ha avec le traitement PI-100, respectivement, pour les méthodes SD et de SSD. Les traitements d'irrigation déficitaire (DI-60 et DI-30) conduisent à une réduction significative des rendements en tubercules frais par rapport à celui obtenu avec le traitement PI-100. La réduction du rendement de pomme de terre a été attribuée principalement à une diminution du nombre de tubercules/m<sup>2</sup>, du poids par tubercule et de calibre de tubercules avec le système SD et les traitements DI-60 et DI-30. La salinité du sol élevée associée aux traitements déficitaires semble causer des réductions importantes dans le rendement et ses composantes.

Les résultats montrent, également, que les efficacités d'utilisation de l'eau d'irrigation sont plus faibles avec le système d'irrigation goutte à goutte en surface (SD) et plus élevées avec celui souterrain (SSD). Les efficacités élevées sont obtenues avec le traitement DI-30 ; tandis que les faibles efficacités sont obtenues avec le traitement de pleine irrigation (PI-100) suite à l'augmentation de la quantité d'eau d'irrigation appliquée. Le traitement d'irrigation déficitaire (DI-60) avec 40% moins d'eau d'irrigation a donné des efficacités comparables au traitement PI-100.

Ainsi, le système d'irrigation goutte à goutte souterrain (SSD) semble constituer la technique la plus appropriée pour la conduite d'irrigation à l'eau salée de la pomme de terre. Ces résultats montrent que le système goutte à goutte souterrain (SSD) permet davantage d'économie d'eau et de gain de productivité dans la gestion et l'utilisation des eaux salées.

L'économie d'eau et la gestion durable des eaux salées par le système SSD nécessite l'adoption par les agriculteurs des stratégies d'irrigation proposées. Ainsi, un programme de suivi de l'irrigation auprès des agriculteurs de la région doit être mis au point pour évaluer leur adoption par les agriculteurs et adapter l'utilisation de pleine irrigation et l'irrigation déficitaire avec la technique SSD aux conditions locales.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ali B, Hayat S, Ahmad A (2007) .Homobrassinolide ameliorates the saline stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Environmental and Experimental Botany* 59, 217-223.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Irrigation and Drainage Paper N°56,FAO,Rome,Italy,300 p.
- Ayers, G.P.Ivey, J.P.and Gillett, R.W.(1991).Cohrence between seasonal cycles of diméthylsulfide, methane-sulfonate and sulfate in marine air.*Nature*, 349,404-406.
- Bustan, A ., M.Sagi, Y. De Malach and D. Pasternak, (2004). Effects of saline irrigation water and heatwaves on potato production in an arid environment. *Field Crops Res.*,90 : 275-285.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt, (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Raper N° 24, 144 p.
- Erdem T., Erdem Y., Orta H., Okursoy H. (2006). Water-yield relationships of potato under different irrigation methods and regimes. *Sci. Agric.*, 63(3), 226-231.
- Fabeiro C., Martin de Santa Olalla F., de Juan J.A. (2001). Yield and size of deficit irrigated potatoes. *Agric. Water Manage.*, 48, 255-266.
- Ferreira T.C., Carr M.K.V. (2002). Responses of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to irrigation and nitrogen in a hot, dry climate. I. Water use. *Field Crops Research*, 78, 51-64.

- Ferreira T.C., Malheiro A.N.C., Freixo F.A.M.F.P., Bernardo A.A.S., Carr M.K.V. (1999). Variation in the response to water and nitrogen of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) grown in the highlands of Northeast Portugal. In: Proceedings of 14<sup>th</sup> Triennial Conference of the European Association for Potato Research, May 1999, 2-7, Sorrento, Italy, pp. 410-411.
- Islam T., Sarker H., Alam J., Rashid H.U. (1990). Water use yield relationships of irrigated potato. *Agric. Water Manage.*, 18, 173-179.
- Kashyap P.S., Panda R.K. (2003). Effects of irrigation scheduling on potato crop parameters under water stressed conditions. *Agric. Water Manage.*, 59, 49-66.
- Maas E.V., Hoffman G.J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. ASCE*, 103, 115-134.
- Minhas, P.S. (1996). Saline water management for irrigation in India. *Agriculture and Water Management* 30: 1-24.
- Nagaz, K., M.M. Masmoudi and N.B. Mechlia, (2007). Soil salinity and yield of drip-irrigated potato under different irrigation regimes with saline water in arid conditions of Southern Tunisia. *J. Agron.*, 6: 324-330.
- Nagaz, K., Toumi, I., Masmoudi, M.M & Mechilia, N.B. (2008). Soil salinity and barley production under full and deficit irrigation with saline water in Arid conditions of Southern Tunisia. *Res. J. Agron*, 2: 90-95.
- Onder S., Caliskan M.E., Onder D., Caliskan S. (2005). Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. *Agric. Water Manage.*, 73, 73-86.
- Oron, G, DeMalach, Y., Gillerman, L., David, I., Rao, V.P. (1998). Improved saline - water use under subsurface drip irrigation. *Agric. Water Manage.* 39, 19-33.
- Ritchie, J. T. (1972). Model for predicting evaporation from a crop with incomplete cover. *Water Resour. Res.*, 8, 1204-1213.
- Singh S.D., Gupta J.P., Singh P. (1977). Water economy and saline water use by drip irrigation. *Agronomy J.*, 70, 948-951.
- Steyn J.M., Du Plessis H.F., Fourie P., Hammes P.S. (1998). Yield response of potato genotypes to different soil water regimes in contrasting seasons of a subtropical climate. *Potato Res.*, 41, 239-254.
- Van Hoorn J.W., Katerji N., Hamdy A., Mastrorilli M. (1993). Effect of saline water on soil salinity and on water stress and yield of wheat and potatoes. *Agricultural water management*, 23, 247-265.
- Waddell J.T., Gupta S.C., Moncrief J.F., Rosen C.J., Steele D.D. (1999). Irrigation and nitrogen management effects on potato yield tuber quality and nitrogen uptake. *Agron. J.*, 91, 991-997.
- Yuan B.Z., Nishiyama S., Kang Y. (2003). Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of dripirrigated potato. *Agric. Water Manage.*, 63, 153-167.
- Zhang, Y., E. Kendy, Y. Qiang, L. Changming, S. Yanjun and S. Hongyong, (2004). Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield and water use efficiency in the North China Plant. *Agric. Water Manage.*, 64.107-122.

## La culture de tomates en hors sol et la technique de greffage

Debaya Houda et Haddad Mansour  
Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie  
Email : h\_debaya@yahoo.fr

### RESUME

Au Sud tunisien, les tomates de primeur produites sous serres froides occupent une grande importance sur le plan agricole, économique et social. Les problèmes de salinisation de sol et des maladies telluriques ont entraîné une nette régression des superficies qui lui sont réservées. La technique de conduite en hors sol ainsi que la technique du greffage permettent de contourner ces contraintes. Cette étude ayant comparé la conduite de cette espèce en hors sol sur un substrat à base de sous produits de palmier dattier et sur sol et l'étude de l'influence de la technique du greffage.

**Mot clefs;** Serre, tomate, hors sol, greffage.

### SUMMARY

In the south of Tunisia, early tomato produced under greenhouses is the most important crop. It has a great importance in the agricultural, economic and social development sectors. Soil salinity and soil-borne pest and diseases have led to decline the areas reserved to this species. Soilless culture (without soil) and grafting techniques can resolve these constraints. This study has compared the growth, yield and quality of tomato on a substrate based on date palms and in soil and the influence of the grafting with these two techniques on this species.

**Keywords;** Green house, tomato, soilless culture, grafting

### 1. INTRODUCTION

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), est considérée parmi les espèces les plus présentées, cultivées et consommées dans le monde. Elle connaît une évolution continue en termes de superficie, de nouvelles variétés et de production.

Malgré l'importance économique et le succès de ce secteur, il confronte plusieurs contraintes d'ordre abiotique et biotique qui gênent sa durabilité. Dans la région de Gabès, la salinisation du sol et les problèmes phytosanitaires sont les principaux facteurs qui ont conduit à la régression des cultures sous serres froides et qui menacent sérieusement les serres chauffées.

Pour assurer la durabilité des cultures sous serres, il est nécessaire de faire face à ces problèmes et ce par le recours à l'utilisation de systèmes de production qui soient adéquats, productifs et générant une qualité qui doit s'imposer sur les marchés nationaux et internationaux dont le greffage et les cultures hors sol. En effet, il est nécessaire de répondre non seulement, aux besoins de consommateurs qui exigent de en plus en plus des fruits de qualité sur le plan visuel et nutritionnel mais aussi à ceux de l'exportation qui cherchent à avoir un fruit propre, de calibre homogène et de très bonne fermeté pour conférer une durée de vie suffisante. Pour atteindre ces objectifs et assurer un produit exportable, l'optimisation et la maîtrise des cultures hors sol et du greffage s'avèrent indispensables et semblent être les deux voies les plus prometteuses.

### 2. MATERIELS ET METHODES

Cette étude a concerné le comportement de deux variétés de tomate de primeur sur un substrat à base de sous produits de palmier dattier sur sol et en hors sol sous serre froide. Cette expérience est conduite sous une mini-serre monotunnel installée dans la parcelle expérimentale de l'Institut des Régions Aride à Chenini.

DNGHS = Durinta non greffé hors sol

DNGSS = Durinta non greffé sur sol

RGHS = Romana greffé hors sol

RGSS = Romana greffé sur sol

Les plantes cultivées en hors sol sont conduites en utilisant des sacs de culture et ont été irriguées par une solution nutritive ayant la même composition durant tout le cycle végétatif.

Durant notre expérience, l'irrigation est assurée par un système conçu sur place. Il est formé d'un fût de 1000 litres disposé en dehors de la serre, placé à 80 cm de la surface du sol pour avoir une pression suffisante. Il s'agit d'un système goutte à goutte contrôlé avec un robinet permettant de contrôler la fermeture et l'ouverture du système. L'irrigation est réalisée avec l'apport de la solution nutritive à raison de trois irrigations par jour.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### - Croissance et fructification

##### Hauteur

Les valeurs moyennes de la hauteur des plantes sont illustrées par la figure 1. Les analyses de la variance ont montré que les plants greffés ont engendré un effet significatif sur la croissance en hauteur des deux variétés étudiées. Pour la variété Durinta, les valeurs moyennes sont de 113 cm et 90 cm pour les plants cultivés hors sol et sur sol, respectivement.

L'amélioration de la hauteur des plantes avec le greffage confirme les résultats obtenus par Jebari (2002) pour une culture de melon Carrier et al, (2004).

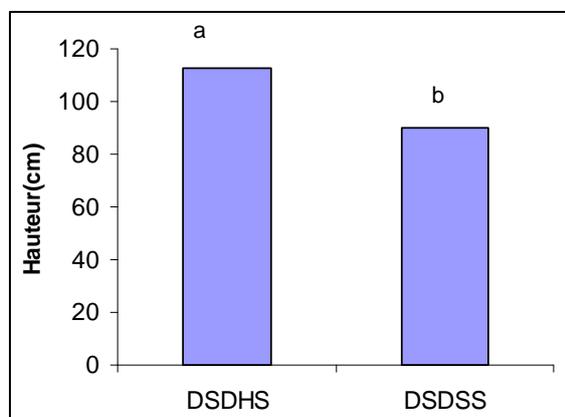


Figure 1A. Effet des deux traitements sur la hauteur moyenne de la variété Durinta

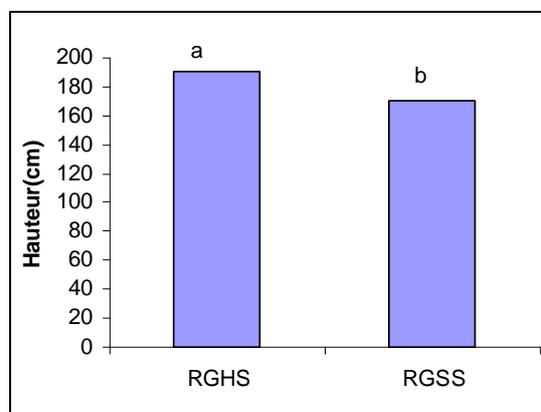


Figure 1B : Effet des deux traitements sur la hauteur moyenne de la variété Romana

Par ailleurs, les valeurs moyennes des hauteurs enregistrées pendant les différentes dates de mesure sont regroupées dans le tableau 1. Ces tableaux montrent que les hauteurs moyennes des plants greffés avec les deux techniques de plantation, pour les sept premières dates de mesure, sont plus élevées que celles enregistrées avec les plants non greffés. Pour la dernière date de mesures, les plants non greffés sur sol ont enregistré une hauteur moyenne plus élevée que les autres traitements (171,3 cm).

Pour mieux expliquer l'influence des traitements sur la croissance en hauteur de plantes étudiées, la vitesse de croissance journalière, pour deux périodes de mesure, a été calculée. Les valeurs sont présentées dans le tableau 2. La vitesse de croissance journalière est obtenue par le rapport de la différence entre deux mesures consécutives de la hauteur du 6 mars au 20 mars et de 29 mars au 12 avril (Ces deux périodes coïncident avec le plein printemps dans les oasis, dont les conditions sont très propices pour la croissance végétative des cultures maraîchères). Les résultats indiquent que pendant ces deux périodes de mesure, la vitesse de croissance est influencée aussi bien par la technique de conduite que par le greffage, Cette vitesse est plus élevée pour les plantes cultivées en hors sol, les différences étant très hautement significatives.

**Tableau 1.** Influence des différents traitements sur l'évolution hebdomadaire de la croissance en hauteur (cm) de deux variétés étudiées

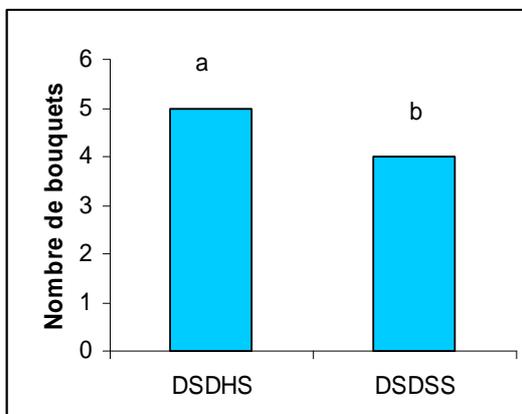
	Durinta		Romana	
	DSDHS	DSDSS	RGHS	RGSS
D1	0	0	70,6 a	66 a
D2	0	0	109,7 a	78,45 a
D3	25,23 b	19,55 b	143,2 a	150,6 a
D4	42,35 b	33,89 b	165,2 a	167,4 a
D5	111,6 b	97,5 b	185,6 a	175,4 a
D6	66,52 b	136,9 b	197,6 a	206,2 a
D7	151,1 b	156,2 b	204,8 a	229,4 a
D8	162,6 b	171,3 b	245 a	255 a

**Tableau 2.** Influence de la technique de conduite de tomate sur la vitesse moyenne de croissance (cm/jour).

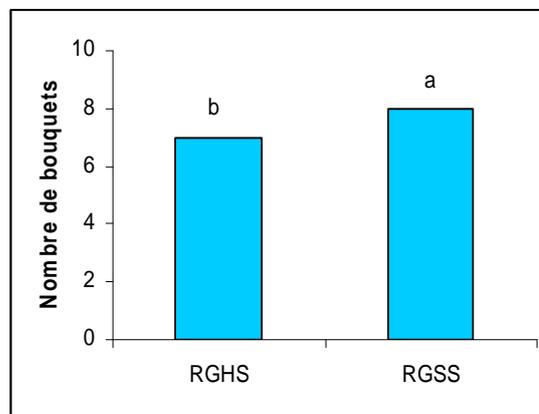
Technique de Conduite	Première période	Deuxième période
Hors sol	2.73 a	2.36 a
Culture sur sol	1.74 b	1.64 b

### Nombre de bouquets

La figure 2 illustre les valeurs moyennes du nombre de bouquets formés : l'analyse statistique a montré que le nombre des bouquets pour la variété Durinta est plus élevée chez les plantes cultivées en hors sol avec différence significatif, alors que la variété Romana ce sont les plants greffées sur sol qui présente les nombres de bouquets le plus élevée avec une différence significatif. Ceci indique que la technique de greffage, pour les deux techniques de plantation a favorisé la formation de bouquets chez la tomate.



**Figure 2A.** Effet des deux traitements sur le nombre de bouquets de la variété Durinta



**Figure 2B.** Effet des deux traitements sur le nombre de bouquets de la variété Romana

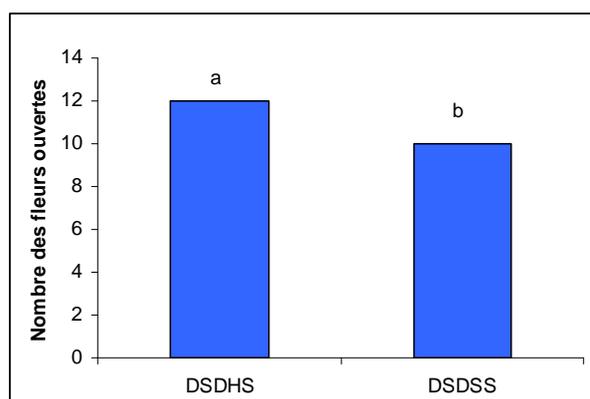
Les valeurs moyennes du nombre de bouquets pour les différentes dates de mesure sont regroupées dans le tableau 3. Les deux techniques : hors sol et greffage ont légèrement amélioré le nombre de bouquets pour les deux variétés par comparaison à la technique de conduite sur sol sans que les différences ne soient statistiquement significatives.

**Tableau 3.** Influence de la technique de conduite sur l'évolution hebdomadaire du nombre de bouquets des deux variétés étudiées

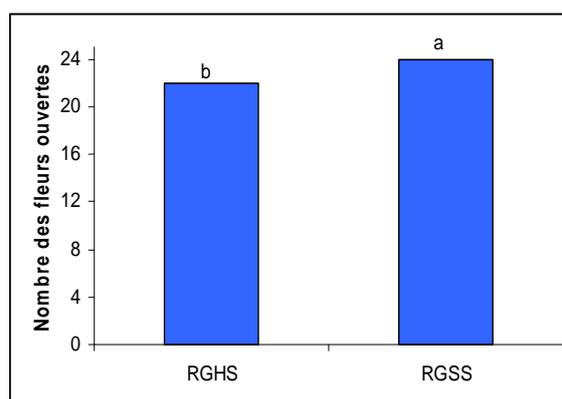
	Durinta		Romana	
	DSDHS	DSDSS	RGHS	RGSS
D1	2,7 b	2,9 b	3,7 a	3 a
D2	3,2 b	3,2 b	4,2 a	3,9 a
D3	3,4 b	3,7 b	4,2 a	3,9 a
D4	4,3 b	4,6 b	5 a	4,9 a
D5	5,3 b	5,7 b	6,2 a	5,9 a
D6	5,9 b	6,2 b	6,9 a	6,4 a
D7	6,7 b	6,8 b	7,2 a	7,1 a
D8	7,7 b	7,5 b	7,7 a	7,5 a

### Nombre de fleurs ouvertes et de fleurs nouées

Les fleurs ouvertes sont celles qui sont les plus épanouies et qui seraient les plus réceptives et les plus attractives pour les insectes pollinisateurs et permettraient par conséquent une meilleure précocité (Haddad, 2003). Les valeurs moyennes des fleurs ouvertes et des fleurs nouées sont illustrées par la figure 3. Concernant le nombre de fleurs ouvertes, l'analyse des données a révélé des différences hautement significatives.



**Figure 3A.** Effet des deux traitements sur le nombre de fleurs ouvertes de la variété Durinta



**Figure 3B.** Effet des deux traitements sur le nombre de fleurs ouvertes de la variété Romana

Les observations sur les paramètres de croissance et de fructification ont mis en évidence, que la technique de conduite en hors sol surtout pour la variété Durinta améliore les paramètres de croissance et de fructification chez la culture de tomate. Ceci est en accord avec les résultats de plusieurs auteurs : Blanc (1987), Laurant (1997), Kouki (1991), Derbel (1993), Heuvelink (1995), Haddad et Mougou (1996 a) et Mahjoub (1997).

La technique de greffage couplée avec la conduite en hors sol pour la variété Romana, permettrait d'accélérer la croissance et la fructification chez cette espèce.

### - Qualité de la production

#### Fermeté

La pénétration est inversement proportionnelle à la fermeté, c'est-à-dire les fruits les plus fermes auraient des valeurs de pénétration plus basses. La figure 4 illustre les valeurs enregistrées pour les deux traitements. Cette figure montre que les fruits les moins fermes sont ceux produits sur sol pour le deux variété.

Décris et al. (1998) ont indiqué que les fruits produits hors sol sur un substrat à base de posidonie sont plus fermes que ceux produits sur sol ce qui est en accord avec nos résultats.

Les plantes greffées et non greffées sur sol présentent des valeurs de pénétration similaires (1,43 mm et 1,42 mm), ce constat n'est pas concordant avec Granges et *al*, (1998), et CTIFL (2000) qui ont mentionné que le greffage n'affecte pas la fermeté.

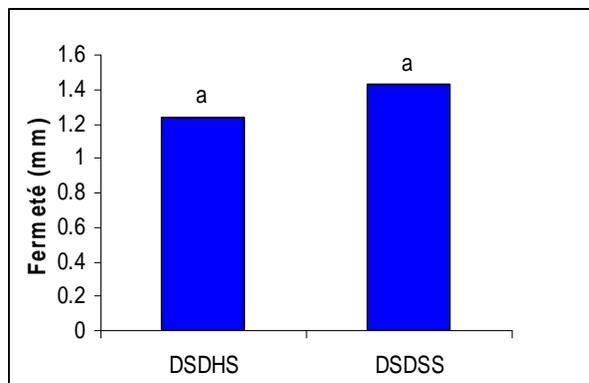


Figure 4A. Effet des deux traitements sur la fermeté des fruits formés de la variété Durinta

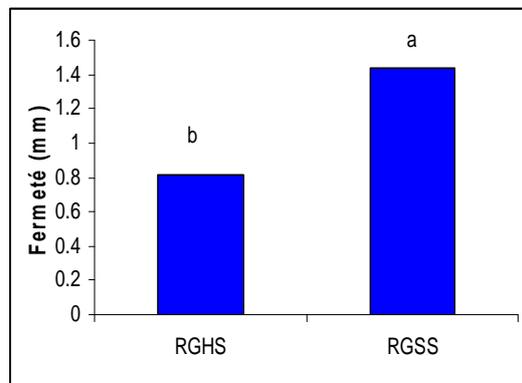


Figure 4B. Effet des deux traitements sur la fermeté des fruits formés de la variété Romana

#### **pH, conductivité électrique et indice de réfraction du jus**

Le pH, la conductivité électrique (CE) et l'indice de réfraction (IR) ont été déterminés à partir des jus de tomates pour les différents traitements. Les valeurs moyennes sont regroupées dans le tableau 4. Ces valeurs montrent que le pH et la CE du jus des fruits récoltés sur les plantes conduites en hors sol sont plus élevés que celles sur sol. Les valeurs du pH sont suffisamment acides indiquant que les fruits produits sont d'un bon goût. De plus les valeurs des IR, enregistrées sur les plantes greffées conduites sur le substrat sont très élevées (8.5 °Brix). Les plants non greffés conduits sur sol ont présenté la valeur d'IR la plus faible.

Tableau 4 : Effet des deux traitements sur le pH, la CE (mS/cm) et l'IR (°Brix) du jus de tomates

	Durinta		Romana	
	DSDHS	DSDSS	RGHS	RGSS
pH	4,40 b	3,87 b	5,46 a	4,96 b
CE	5,84 a	5,42 a	6,05 a	5,44 a
IR	7,54 a	5,22 c	8,5 a	6,02 b

#### **4. CONCLUSION**

Au Sud tunisien, les tomates de primeur, cultivées sous abri serres (froids et chauffées par les eaux géothermiques) occupent une place prééminente, elles jouent un rôle très important sur le plan agricole, économique et social. Actuellement, les cultures sous serres froides sont en régression et se heurtent aux problèmes de salinisation et des maladies telluriques multiples. Pour contourner ces contraintes, les techniques de conduite en hors sol et du greffage s'avèrent nécessaires.

Les analyses de la variance de croissance ont montré que les plants greffés ont engendré un effet significatif sur la croissance en hauteur des deux variétés étudiées alors que pour la variété Durinta la conduite en hors sol accélère la croissance en hauteur par comparaison à la conduite sur sol.

Le nombre de bouquets formés, de fleurs ouvertes et de fleurs nouées ont augmenté significativement avec la technique de greffage combiné avec la conduite en hors sol. Ainsi ces deux techniques ont un effet positif sur les paramètres de fructification.

L'étude de la qualité, de la production, a montré que la culture hors sol pour les deux variétés permet l'obtention de fruits plus fermes. Et que les fruits les moins fermes sont ceux produits sur sol pour les deux variétés étudiées.

En effet, pour mieux évaluer la conduite de la culture hors sol il vaut mieux suivre le comportement des autres hybrides de tomates sur d'autres substrats pour affirmer l'efficacité du substrat « compost » ; ainsi que l'influence du greffage sur la conduite de culture. Donc, il faut approfondir et

multiplier les paramètres d'analyses de la croissance, de production, du rendement et de la qualité des fruits.

Par ailleurs, cette étude agronomique devrait être complétée par une étude économique qui prend en considération le coût d'aménagement du système en hors sol et des plants greffés. Ainsi, une étude pluridisciplinaire portant sur la durabilité du système en hors sol, les aspects phytosanitaires et les aspects technico-économiques liés au greffage devraient être réalisés.

## 5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blanc D., (1987) : Les cultures hors sol. Ouvrage collectif. INRA, Paris : 478 pp.
- Carrier A. (2004) : Des tomates de serre plus productives grâce à de nouveaux substrats et au greffage. Programme sur la recherche appliquée en horticulture. °328. Quebec.
- CTIFL, (2000) : Tomate, pour un produit de qualité. Ed. Centre technique interprofessionnelle. Mars 2000. 223p.
- Derbal, S., (1993) : Contrôle de la salinité en culture hors sol : Cas de la tomate d'arrière saison. Mémoire de 3<sup>ème</sup> de cycle de l'INAT, Tunis, 182 pp.
- Granges A., Pucheu G., Léger A. et Produit V. (1998) : Tomates en serre : effet du greffage des plantes comparé à celui de la désinfection à la vapeur en sol fatigué. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Station fédérale de recherche en production végétale de Changins. Vol ; 30 (4). Pp : 233-236.
- Haddad M., (2003) : Exploitation des eaux géothermiques dans le sud tunisien pour la culture de tomate. Thèse de biologie, Faculté des sciences de sfax.
- Haddad, M. et Mougou, A., (1996a) : Contribution à la mise au point de la technique de culture de tomate en hors sol sous serres chauffées par les eaux géothermiques. Revue des Régions Arides, Numéro spécial : 201-203.
- Heuvelink, K., (1995) : Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. Sci. Horti. 61: 77-99.
- Jebari H., (2002) : Les nouvelles techniques de production chez le melon. INRAT. Tunis. 9 p.
- Kouki, K., (1991) : Influence du substrat de culture et de la fertilisation sur l'amélioration de la qualité de la tomate de primeur. Mémoire de 3<sup>ème</sup> de l'INAT Tunis. 152 pp.
- Mahjoub, O., (1997) : Influence du substrat de culture et de la fertilisation sur l'amélioration de la qualité de tomate conduite en hors sol. : Mémoire de 3<sup>ème</sup> Cycle de l'INAT, Tunis, 153 pp.

## Suivi des effets des amendements organiques (fumier ovin et fumier camelin) sur les propriétés chimiques de sol dans les régions arides Tunisiennes (Dar Dhaoui et El Fjé – Médenine)

Jendoubi Donia<sup>1</sup>, Houcine Taamallah<sup>1</sup> et Mohamed Moussa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Érémologie et de Lutte Contre la désertification, Institut des Régions Arides Médenine

Email: [Jendoubi.donia@yahoo.com](mailto:Jendoubi.donia@yahoo.com)

### RESUME

Les sols des régions arides sont relativement pauvres en matière organique. L'appauvrissement est accéléré par l'intensification de l'agriculture, la texture de ces sols et le non-retour des résidus de récolte dans le sol. Afin de préserver et de maintenir la productivité des sols, la contribution de l'amendement organique est devenue indispensable.

Ce travail a été réalisé dans deux sites différents dans le gouvernorat de Médenine (Sud tunisien), afin d'étudier les effets de deux amendements organiques sur les propriétés chimiques du sol. Le choix des matériaux est conçu sur l'idée de valorisation des déchets animaux existant dans ces régions tels que le fumier ovin et le fumier camelin. Les résultats obtenus ont montré que les amendements ont modifié significativement la teneur en potassium échangeable, l'azote minéral et le phosphore assimilable. En effet le fumier camelin est considéré comme l'amendement organique le plus riche qui a une tendance à augmenter la teneur en éléments majeurs du sol. Cette même tendance est observée après l'épandage du fumier ovin. Après un an, l'amendement organique a entraîné un léger changement dans le pH du sol. Cela est dû à l'effet tampon des sols tunisiens riches en calcaire. En outre, il améliore la capacité d'échange cationique des sols qui sont initialement épuisés en matière organique. Suite à l'augmentation de la salinité du sol par rapport au témoin et pour remédier à l'accumulation excessive des sels en particulier dans les parcelles amendées avec des fumiers camelins, il est fortement recommandé d'étudier l'effet dose de ces traitements.

**Mots clés :** Fumier Ovin, Fumier Camelin, Sol

### 1. INTRODUCTION

La matière organique contribue à l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol par l'amélioration de la structure du sol, l'accroissement de sa capacité de rétention en eau et lutte contre l'érosion. Outre ses propriétés colloïdales et son pouvoir de chélation, elle joue un rôle chimique important dans les sols par la libération d'éléments nutritifs après minéralisation. Elle joue aussi un rôle environnemental capital dans la lutte contre la désertification.

Cependant, les sols des régions arides sont pauvres dans leur ensemble en matière organique et leurs caractéristiques aussi bien physiques que chimiques sont très particulières et posent des problèmes agronomiques (aptitude culturale faible) et environnementaux à savoir l'érosion et le ruissellement. Par ailleurs, l'intensification des cultures et le non restitution de la matière organique dans le sol contribuent à l'appauvrissement du sol en cet élément. Ce processus est, en plus, accéléré par un climat aride et une texture légère.

Par ailleurs, pour rétablir la fertilité du sol et améliorer la productivité des cultures, l'apport des amendements organiques devient indispensable.

En outre, face à l'augmentation des prix des engrais et au déficit des amendements organiques, il devient indispensable de chercher d'autres ressources de substitution de la matière organiques pour combler ce déficit.

Des tentatives de valorisation des déchets des animaux comme fertilisant, ont été effectuées et orientées spécialement vers la fertilisation. Une méthode possible de bonification des sols dégradés est d'utiliser du fumier camelin et ovin comme amendements pouvant approvisionner le sol en matière organique. Dans ce contexte, nous avons essayé de déterminer l'effet de fumier ovin et fumier camelin sur les propriétés chimiques de deux sols sableux des régions arides Tunisiennes.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Présentation générale de site expérimental

Les essais ont été menés dans deux sites expérimentaux de l'Institut des Régions Arides Médenine : le site d'El Fjé (délégation Médenine Nord) et le site de Dar Dhaoui (délégation Ben Guerdane) dans le gouvernorat de Médenine.

#### 2.1.1. El Fjé

Située dans l'étage aride supérieur, la zone d'El Fjé reçoit des précipitations moyennes faibles qui ne dépassent pas 23,43 mm mensuellement durant la période 2006-2010 et elle est caractérisée par un régime thermique chaud où la température moyenne mensuelle est de 20,09°C. Le sol est caractérisé par une texture sableuse avec un léger pourcentage de limon dans la couche superficielle. Le pH du sol est moyennement élevé et se caractérise par une conductivité électrique élevée.

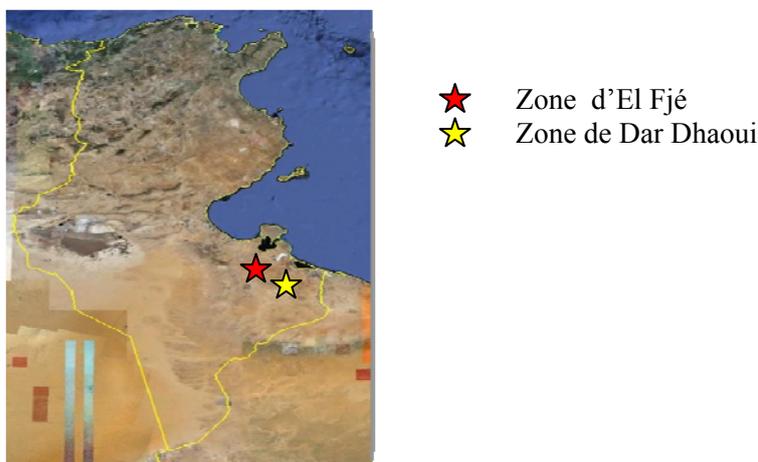


Figure 1 : Localisation des zones d'étude

#### 2.1.2. Dar Dhaoui

Concernant la zone de Dar Dhaoui, elle reçoit des précipitations moyennes faibles qui ne dépassent pas 15,8 mm mensuellement durant la période 2008-2010. Cette région est caractérisée par un régime thermique chaud, d'où la température moyenne mensuelle est de 20,33°C. La texture du sol de Dar Dhaoui est franchement sableuse avec un taux de sable total très élevé dans la couche superficielle. Le pH du sol est basique et se caractérise par une conductivité électrique faible.

### 2.2. Dispositif expérimental

Cette expérimentation a été menée sur 3 parcelles élémentaires d'une superficie de 100 m<sup>2</sup> chacune (10 m de largeur sur 10 m de longueur), au début de mois janvier 2010 selon un dispositif expérimental complètement aléatoire.

Les deux essais sont à un seul facteur, qui est le facteur traitement du sol : Témoin, fumier ovin et fumier camelin avec 3 répétitions pour chaque traitement.

### 2.3. Application des amendements

Les amendements utilisés dans cet essai sont le fumier ovin (FO) et le fumier camelin (FC) provenant du l'étable de l'IRA. Avec une quantité de 200 kg /100m<sup>2</sup> pour chacune.

Ces matériaux organiques sont analysées au laboratoire afin de déterminer les paramètres suivantes : pH, %MS, CE, %MO, %MM, %P, %MAT, %K<sup>+</sup>, %Na et teneur en Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup>.

## 2.4. Paramètres édaphiques étudiés

La détermination des paramètres chimiques du sol intéresse l'horizon: 0 – 20 cm et 20 – 40 cm. Ces mesures ont été faites pour les deux parcelles étudiées.

Les caractéristiques chimiques étudiées sont : la matière organique, l'azote total, le potassium échangeable, Calcaire total, Calcaire actif, phosphore assimilable, l'azote minéral, la conductivité électrique, pH et la Capacité d'Echange Cationique (CEC).

## 2.5. Analyses effectuées

Le traitement statistique est réalisé grâce au logiciel SAS (ANOVA). L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance à deux facteurs pour le sol et le temps (mois) utilisant le test F de Fisher pour vérifier l'hypothèse d'égalité des moyennes au seuil de risque de 5 %. Elle est complétée par des comparaisons multiples des moyennes par le test t (LSD). Les sorties graphiques ont été réalisées avec le logiciel *Origin Lab V8 SR2*.

## 3. RESULTATS

### 3.1. Principales caractéristiques des sols et des différents amendements

#### 3.1.1. Principales caractéristiques des sols

##### 3.1.1.1. Principales caractéristiques du sol de Dar Dhaoui

Tableau 1. Granulométrie du sol de Dar Dhaoui

De l'examen des résultats obtenus, il ressort que la texture est franchement sableuse avec un taux de sable total de 94,66 % dans la couche superficielle.

Profondeur (cm)	Granulométrie (%)		
	A	L	ST
0 – 20	2,66	0,75	94,66
20 - 40	2,87	0,87	93,78

*Prof* : profondeur ; *A* : argile (<0,002 mm) ; *L* : limon (0,002 – 0,05 mm), *ST* : sables totaux (0,05 – 2 mm).

Tableau 2. Les Principales caractéristiques physiques et chimiques du sol de Dar Dhaoui

Profondeur (cm)	Calcaire (%)		N total %	M.O %	CE mS/cm	pH	da	Bases échangeables	
	total	Actif						K <sup>+</sup> (ppm)	Na <sup>+</sup> (ppm)
0 – 20	4,21±	0,66±	0,032±	0,87±	0,77±0,08	8,11±0,03	1,59	48,33±	14,41± 0,56
	1,32	0,28	0,005	0,61				6,29	
20 - 40	4,98±	2,5± 1	0,045±	0,84±	0,77±0,02	8,17±0,02	1,53	45,83±	13,76± 2,6
	1,75		0,01	0,51				10,10	

*Prof* : profondeur ; *N* : azote ; *CEe* : conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée ; *da* : densité apparente ; *K<sup>+</sup>* : potassium ; *Na<sup>+</sup>* : sodium ; *MO* : matière organique.

Le pH du sol de Dar Dhaoui est basique et la conductivité électrique est faible (0,77 mS/cm). Ce sol est pauvre en calcaire total et actif. La teneur en matière organique de ces sols est faible, Elle est de 0,87 % et 0,84 % respectivement dans les horizons 0-20 et 20-40 cm.

La teneur en azote total est relativement négligeable en surface, en effet cette teneur varie entre 0,032 et 0,045 % respectivement dans les horizons 0-20 et 20-40 cm.

Les teneurs en bases échangeables sont relativement faibles dans les deux horizons. En effet, elle est de 48,33 ppm et 45,83 ppm respectivement pour le potassium échangeable dans les horizons 0-20 et 20-40 cm. La teneur sodium est faible, en effet cette teneur varie entre 14,41 ppm et 13,76 ppm respectivement dans les horizons 0-20 et 20-40 cm.

La densité apparente est relativement élevée (1,53 à 1,59) et ceci démontre une certaine dégradation de sa structure.

### 3.1.1.2. Principales caractéristiques du sol d'El Fjè

Les résultats obtenus montrent que le sol d'El Fjè a une texture sableuse avec un pourcentage de limon d'ordre de 15 % dans la couche superficielle.

**Tableau 3.** Granulométrie du sol d'El Fjè.

Profondeur (cm)	Granulométrie (%)		
	A	L	ST
0 – 20	4,30	15,22	79,55
20 - 40	4,5	13,7	78,9

**Prof :** profondeur ; **A :** argile (<0,002 mm) ; **L :** limon (0,002 – 0,05 mm), **ST :** sables totaux (0,05 – 2 mm).

**Tableau 4.** Principales caractéristiques physiques et chimiques du sol d'El Fjè

Profondeur (cm)	Calcaire (%)		N total %	M.O %	CE mS/cm	pH	da	Bases échangeables	
	total	Actif						K+ (ppm)	Na+(ppm)
0 – 20	11,11±	5± 0,86	0,03±0,00	0,98±	2,78±0,08	7,84±0,0	1,7	57,5±	9,82± 5,1
	1,32		5	0,43		4	3	4,33	
20 - 40	8,81±	5,66±	0,03±0,01	0,91±	2,89±0,19	7,77±0,1	1,2	49,15±	16,05± 1,13
	1,32	0,76		0,2		1	8	3,81	

**Prof :** profondeur ; **N :** azote ; **CEe :** conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée ; **da :** densité apparente ; **K<sup>+</sup> :** potassium ; **Na<sup>+</sup> :** sodium ; **MO :** matière organique.

Le pH du sol d'El Fjè est moyennement élevé, soit 7,77 à 7,84 et sa conductivité électrique est élevée (2,78 mS/cm). Ce sol a une faible teneur en calcaire total et actif. La teneur en matière organique de ces sols est faible, elle est de 0,91 % et 0,98 % respectivement dans les horizons 0-20 et 20-40 cm. La teneur en azote total est relativement négligeable en surface, en effet cette teneur est presque stable dans les horizons 0-20 et 20-40 cm, soit une teneur de 0,03 %.

Les teneurs en bases échangeables sont relativement faibles dans les deux horizons. En effet, une teneur de potassium échangeable de 57,5 ppm et 49,15 ppm respectivement dans les horizons 0- 20 et 20- 40 cm. La teneur en sodium est faible, en effet cette teneur varie entre 9,82 ppm et 16,05 ppm respectivement dans les horizons 0-20 et 20-40 cm.

La densité apparente du sol d'El Fjè est élevée dans la couche superficielle (1,73).

### 3.1.2. Principales caractéristiques des différents amendements

Le pH de ces deux types de fumier est basique. Le fumier camelin a une salinité élevée (CE=18,01 mS/cm). Par contre la conductivité électrique de fumier ovin est plus faible (5,65 mS/cm). On note que le fumier camelin est plus riche en matière organique que celui du fumier ovin, il renferme 79,38 % de MO alors que le fumier ovin ne renferme que 52,82 %.

**Tableau 5.** Caractéristiques des matériaux utilisés.

	Fumier Ovin	Fumier Camelin
pH	7,9	8,11
% MS	94,972	94,811
CE (mS/cm)	5,65	18,01
% MO	52,82	79,38
% MM	47,18	20,62
% phosphore	0,408	0,176
% MAT	0,008	0,009
% K <sup>+</sup> (%MS)	0,741	0,350
% Na <sup>+</sup> (%MS)	0,173	1,236
Teneur en Ca <sup>++</sup> et	11,5	11

**MS :** Matière sèche, **MO :** Matière organique, **MM :** Matière minérale, **MAT :** Matière Azoté Totale.

### 3.2. Effet des amendements organiques sur la teneur en éléments majeurs (N, P, K) et de la matière organique du sol

#### 3.2.1. Effet des amendements organiques sur la teneur en potassium échangeable du sol

##### 3.2.1.1. Site Dar Dhaoui

Dans la parcelle expérimentale, la teneur initiale en potassium échangeable est de l'ordre de 38,5 mg/kg dans l'horizon 0-20 cm et de 35 mg/kg dans l'horizon 20-40 cm.

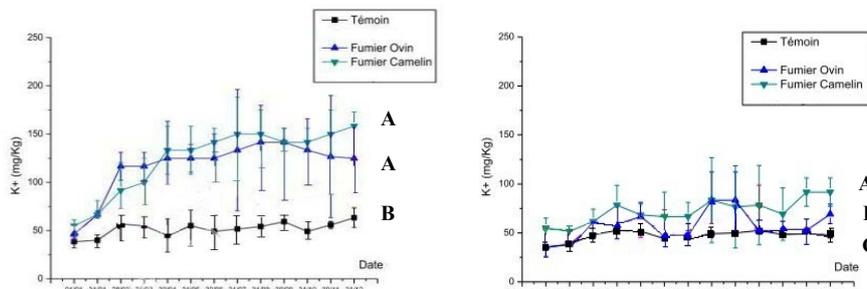


Figure 2: Evolution du potassium échangeable du sol (Dar Dhaoui)

L'amendement par le fumier ovin a enrichi considérablement le sol en potassium échangeable avec un taux d'enrichissement de 266 % dans l'horizon 0-20 cm et 165 % dans l'horizon 20-40 cm, ce qui confirme les résultats de Bohec (1990).

Au niveau de la couche amendée (40 cm), l'apport du fumier camelin a augmenté davantage les teneurs en potassium échangeable de 240 %, dans l'horizon 0-20 cm et de l'ordre de 149 % dans l'horizon 20-40 cm. En effet, Zeigler (1988) (cité par Kharbech 2005) a mentionné que des apports de fumier améliorent la teneur du sol en potassium. Cet enrichissement est plus important en surface, et il est significatif jusqu'à 20 cm de profondeur.

La différence est statistiquement significative par rapport au témoin pour les différents traitements appliqués. Par contre, il n'y a pas de différence significative entre le fumier ovin et le fumier camelin.

##### 3.2.1.2. Le site d'El Fjè

Les analyses effectuées avant l'épandage des amendements organiques dans le sol d'El Fjè montrent que ces sols sont pauvres en potassium avec une teneur de 39,5 mg/kg au niveau de la couche superficielle et une teneur de l'ordre de 24,16 mg/kg dans l'horizon 20-40 cm.

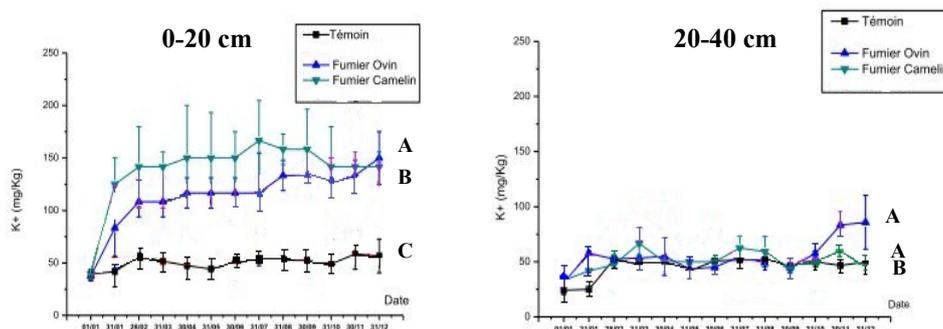


Figure 3: Evolution du potassium échangeable du sol (El Fjè)

L'épandage du fumiers ovin et camelin a engendré une augmentation plus importante de la teneur du sol en potassium au niveau de la couche superficielle correspondant à 322 % pour le fumier ovin et à 372 % pour le fumier camelin.

De même les analyses statistiques, ont montré une différence hautement significative pour ces deux traitements par rapport au témoin et dans les deux horizons.

### 3.2.1.3. Conclusion

Les teneurs en potassium évoluent avec la profondeur selon un gradient décroissant pour les différents traitements. Le suivi mensuel de la teneur en potassium échangeable dans le sol suite à l'apport des amendements organiques, dans les deux sites d'étude, permet de conclure que le fumier camelin est considéré comme un matériel organique très riche et qui a donc tendance à augmenter la teneur en potassium échangeable dans le sol. Cette même tendance est observée sous l'épandage de fumier ovin. L'enrichissement du sol, en cet élément minéral, provient du fumier ajouté au sol. Ceci justifie l'importance des amendements organiques pratiqués depuis très longtemps dans le maintien de la fertilité, la restitution des éléments minéraux et de la productivité du sol.

### 3.2.2. Effet des amendements organiques sur la teneur en phosphore assimilable du sol

#### 3.2.2.1. Site de Dar Dhaoui

Les analyses effectuées avant l'épandage des amendements organiques dans le sol de Dar Dhaoui montrent que ces sols sont très pauvres en cet élément avec une teneur en  $P_2O_5$  de 9,9 mg/kg au niveau de la couche superficielle et une teneur de l'ordre de 7,72 mg/kg dans l'horizon 20-40 cm.

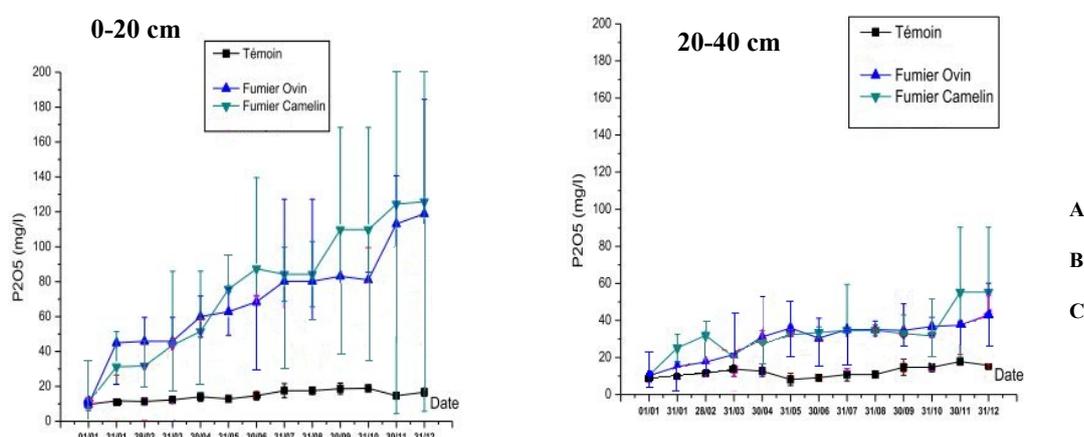


Figure 4: Evolution du phosphore assimilable du sol (Dar Dhaoui)

La comparaison des teneurs du phosphore en surface du sol témoin et en surface des parcelles amendées par le fumier ovin et du fumier camelin montre qu'une amélioration plus importante en phosphore assimilable a été observée.

Soit une augmentation de 678 % et 455 % respectivement dans les horizons 0-20 cm et 20-40 cm suite à l'apport du fumier ovin. Ainsi qu'une amélioration de 574 % et 583 % respectivement dans les horizons 0-20 cm et 20-40 cm suite à l'apport du fumier camelin.

Kharbech (2005) a montré que des apports de fumier entraînent une augmentation significative de la teneur du sol en phosphore.

Par ailleurs, Il existe une différence significative entre les différents traitements et le témoin mais il n'y a pas de différence significative entre les traitements avec le fumier ovin et le traitement avec le fumier camelin.

#### 3.2.2.2. Site d'El Fjè

Les analyses effectuées avant l'épandage des amendements organiques dans la région d'El Fjè montrent que ces sols sont également pauvres en cet élément avec une teneur de 9,65 mg/kg au niveau de la couche superficielle et une teneur de l'ordre de 9,69 mg/kg dans l'horizon 20-40 cm.

L'épandage des fumiers ovin et camelin a engendré une augmentation importante en phosphore assimilable dans de la couche superficielle, soit 763 % pour le fumier ovin et 751 % pour le fumier camelin.

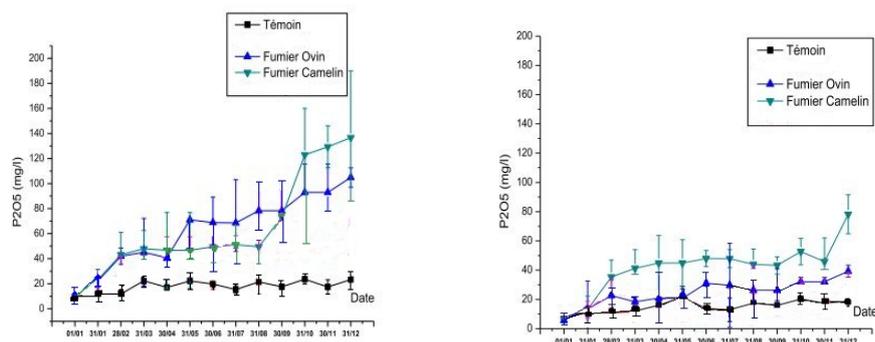


Figure 5: Evolution du phosphore assimilable du sol (El Fjè)

Même au niveau de l'horizon 20-40 cm, ces deux amendements organiques ont engendré une augmentation significative en phosphore assimilable. Il y a une différence hautement significative entre ces deux traitements par rapport au témoin et dans les deux horizons.

### 3.2.2.3. Conclusion

La teneur en phosphore évolue avec la profondeur selon un gradient décroissant pour les différents traitements. Le suivi mensuel de la teneur en phosphore assimilable dans le sol, suite à l'apport des différents amendements organiques, dans les deux sites d'étude et dans les deux horizons permet de conclure que le fumier camelin est considéré comme l'amendement organique le plus riche et qui a tendance à augmenter la teneur en phosphore assimilable dans le sol. Cette même tendance est observée suite à l'épandage du fumier ovin. On peut déduire donc que le fumier camelin peut constituer un éventuel amendement phosphaté pour les sols des zones arides pauvres en cet élément.

### 3.2.3. Effet des amendements organiques sur la teneur en azote minéral du sol

#### 3.2.3.1. Effet des amendements organiques sur la teneur en azote ammoniacal $N-NH_4^+$

##### 3.2.3.1.1. Site de Dar Dhaoui

Les analyses effectuées avant l'épandage des amendements organiques dans la région de Dar Dhaoui montrent que la teneur initiale du sol en azote ammoniacal est très faible. Elle correspond à 8,99 mg/kg au niveau de la couche superficielle et 8,61 mg/kg dans l'horizon 20-40 cm.

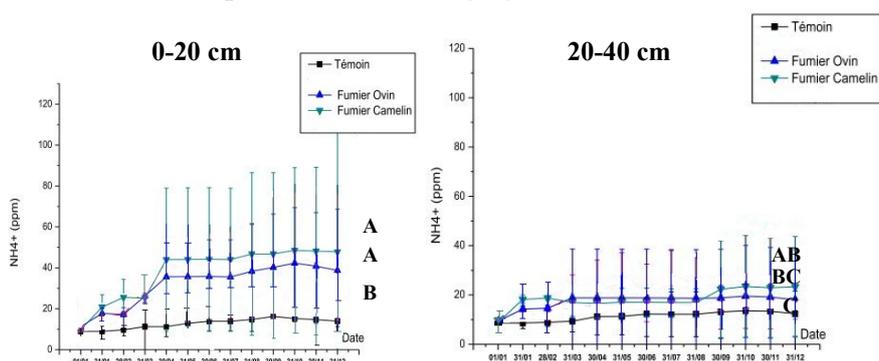


Figure 6: Evolution d'azote ammoniacal  $N-NH_4^+$  du sol (Dar Dhaoui)

Le suivi de la cinétique d'évolution de la teneur en azote ammoniacal montre que l'allure des courbes obtenues est curvilinéaire, elle est rapide au début puis elle se ralentie progressivement par la suite.

Les teneurs en azote ammoniacal sont plus élevées en surface. En fait, les quantités d'azote ammoniacal obtenues à la fin du cycle sont comprises entre 8 et 49 mg/Kg en surface et entre 8 et 30 mg/Kg en profondeur.

L'azote ammoniacal libéré provient de la minéralisation de la matière organique qui dépend des conditions biologiques (température, aération et surtout l'humidité).

Les teneurs du sol en azote ammoniacal sont significativement plus élevées pour les traitements correspondant aux amendements organiques par rapport au témoin.

L'application des amendements a entraîné une augmentation significative de la teneur en azote ammoniacal correspondant à 300% et 416% respectivement pour le fumier ovin et le fumier camelin.

En conclusion, l'apport au sol de fumier ovin et de fumier camelin libère progressivement de l'azote minéral et contribue à augmenter la teneur du sol en cet élément. Bien qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux amendements organiques, le fumier camelin est relativement plus riche et libère beaucoup plus d'azote ammoniacal.

### 3.2.3.1.2. Site d'El Fjè

Le suivi de la cinétique d'évolution de la teneur du sol en azote ammoniacal montre que l'allure des courbes obtenues est curvilinéaire, elle est rapide au début puis elle se ralentit progressivement par la suite.

Les teneurs en azote ammoniacal sont plus élevées en surface.

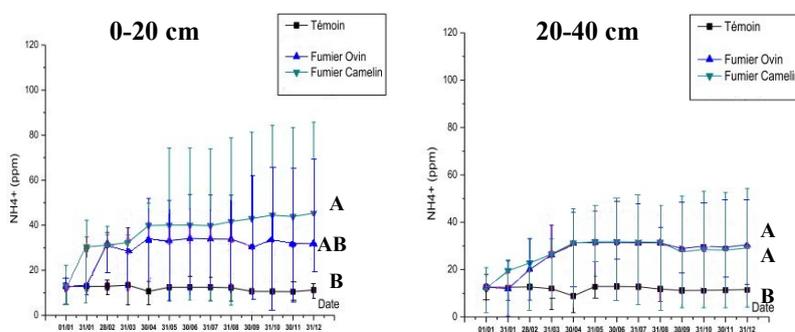


Figure 7: Evolution d'azote ammoniacal N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> du sol (El Fjè)

En effet, les quantités d'azote ammoniacal obtenues à la fin du cycle sont comprises entre 9 et 45 mg/Kg en surface et entre 9 et 31 mg/Kg en profondeur.

L'azote ammoniacal libéré provient de la minéralisation de la matière organique qui dépend des conditions biologiques (température, aération et surtout l'humidité).

Les teneurs en azote ammoniacal sont significativement plus élevées pour les traitements correspondant aux amendements organiques par rapport au témoin.

L'application des différents amendements a entraîné une augmentation significative de la teneur en azote ammoniacal correspondant à 240 % et 293 % respectivement pour le fumier ovin et le fumier camelin.

### 3.2.3.1.3. Conclusion

Les teneurs du sol en azote ammoniacal N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> augmentent significativement suite à l'épandage des amendements organiques. Ceci pourrait être en liaison avec la texture du sol qui est dominée par une fraction sableuse (79 % ST) et une fraction limoneuse de 15 %. Contrairement au sol de Dar Dhaoui qui est caractérisé par une texture franchement sableuse (95 % ST).

### 3.2.3.2. Effet des amendements organiques sur la teneur en azote nitrique N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

#### 3.2.3.2.1. Site de Dar Dhaoui

Le suivi de la cinétique d'évolution de la teneur en azote nitrique montre que l'allure des courbes obtenues est presque linéaire et légèrement croissante. Les teneurs en azote nitrique sont légèrement plus élevées en surface.

Les analyses effectuées avant l'épandage des amendements organiques dans le sol de Dar Dhaoui montrent que les teneurs en azote nitrique sont très faibles, soit 10,85 mg /kg dans la couche superficielle et une teneur de 10,66 mg/kg dans l'horizon 20-40 cm.

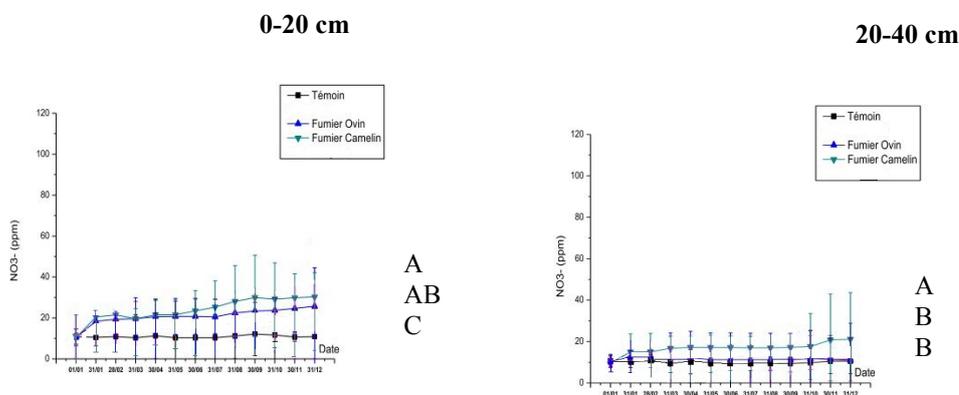


Figure 8: Evolution d'azote nitrique N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> du sol (Dar Dhaoui)

L'apport des amendements a entraîné une légère augmentation de la teneur du sol en azote nitrique par rapport au témoin correspondant à 207 % pour le fumier ovin et 244 % pour le fumier camélin. L'analyse statistique des résultats montre qu'il y a une différence significative entre le témoin et les traitements appliqués d'une part et entre le fumier camélin et le fumier ovin d'autre part.

### 3.2.3.2.2. Site d'El Fjè

Le suivi de la cinétique d'évolution de la teneur en azote nitrique montre que l'allure des courbes obtenues est presque linéaire et légèrement croissante. Les teneurs en azote nitrique sont légèrement plus élevées en surface.

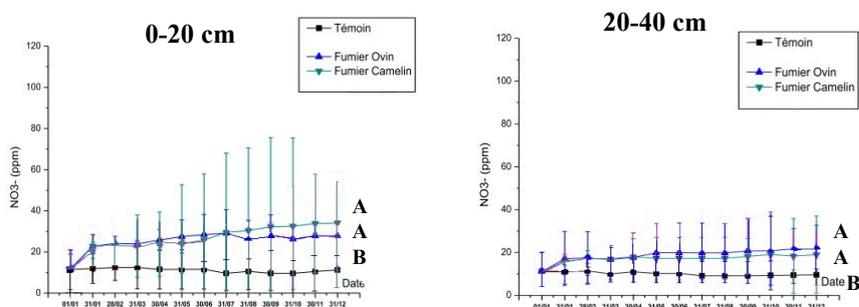


Figure 9: Evolution d'azote nitrique N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> du sol (El Fjè).

Les analyses effectuées avant l'épandage des amendements organiques dans le sol de Dar Dhaoui montrent que les teneurs de ces sols en azote nitrique sont également très faibles et correspondant à 11,53 mg /kg dans la couche superficielle et une teneur de l'ordre de 10,98 mg/kg dans l'horizon 20-40 cm.

L'apport des amendements a entraîné une légère augmentation de la teneur du sol en azote nitrique par rapport au témoin correspondant à 231 % pour le fumier ovin et 234 % pour le fumier camélin.

L'analyse statistique des résultats montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le témoin et les traitements organiques.

### 3.2.3.2.3. Conclusion

Les teneurs très faibles d'azote nitrique obtenues dans les deux sols seraient dues d'une part à la nature texturale de ces sols qui est sablonneuse favorisant le lessivage des nitrates, qui sont

très mobiles, d'autre part les teneurs très élevées de l'azote ammoniacal montrent que le processus de nitrification est lent.

### 3.2.4. Effet des amendements organiques sur la teneur en matière organique du sol

#### 3.2.4.1. Site de Dar Dhaoui

L'évolution de la teneur en matière organique du sol en fonction des traitements présentés par la figure 10, montre que la teneur en matière organique initiale du sol est faible (0,92 %).

L'apport des amendements organiques a engendré une augmentation significative de la teneur en matière organique du sol dans la couche superficielle par rapport au témoin.

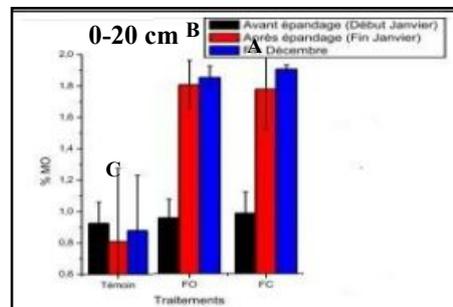


Figure 10: Evolution de la matière organique du sol (Dar Dhaoui).

En effet, la teneur de la matière organique du sol à la fin de l'année varie entre 1,48 et 1,9 % pour les deux traitements. En fait, l'amendement avec le fumier ovin et du fumier camelin a engendré une augmentation du stock organique presque 2 fois plus élevée par rapport au témoin, soit 1,84 % pour le fumier ovin et 1,89 % pour le fumier camelin.

L'analyse statistique des résultats montre qu'il y a une différence significative entre le témoin et les traitements d'une part et entre les deux traitements d'autre part.

#### 3.2.4.2. Site d'El Fjè

La teneur en matière organique initiale du sol est également très faible (0,87 %).

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une différence significative entre les traitements et le témoin.

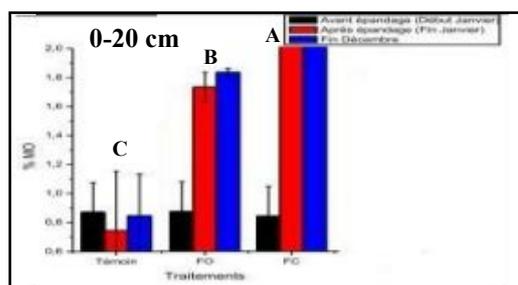


Figure 11: Evolution de la matière organique du sol (El Fjè)

L'amendement avec le fumier camelin et le fumier ovin a entraîné une augmentation de la teneur du sol en matière organique dans la couche superficielle correspondant respectivement à 1,98 % et 1,84 % une année après l'épandage de ces amendements.

La matière organique joue un rôle important dans l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Cependant, les sols des régions arides tunisiennes sont très pauvres en cet élément et l'amendement s'avère indispensable pour l'amélioration de leurs caractéristiques physico-chimiques et par conséquent leur potentiel de production agronomique.

### 3.2.5. Effet des amendements organiques sur la salinité du sol

#### 3.2.5.1. Site de Dar Dhaoui

Le suivi de la conductivité électrique du sol en fonction des différents traitements présentés par la figure 12, montre que l'apport du fumier ovin et camelin a engendré une augmentation significative de la salinité du sol dans la couche superficielle par rapport au témoin.

En effet, la conductivité électrique varie de 0,74 mS/cm à 2,4 mS/cm juste après l'épandage, puis elle diminue jusqu'à 1,07 mS/cm à la fin de l'année pour le traitement avec le fumier ovin.

Par contre, dans le cas du traitement avec le fumier camelin, la conductivité électrique atteint une valeur de 3,3 mS/cm juste après l'épandage et cette salinité persiste jusqu'à la fin de l'année (3,7 mS/cm).

Les analyses statistiques ont montré qu'il existe une différence significative d'une part entre le fumier ovin et le fumier camelin et le témoin et d'autre part entre le fumier ovin et le fumier camelin. Au niveau de l'horizon 20-40 cm, on n'a pas pu noter une différence significative importante entre les deux traitements.

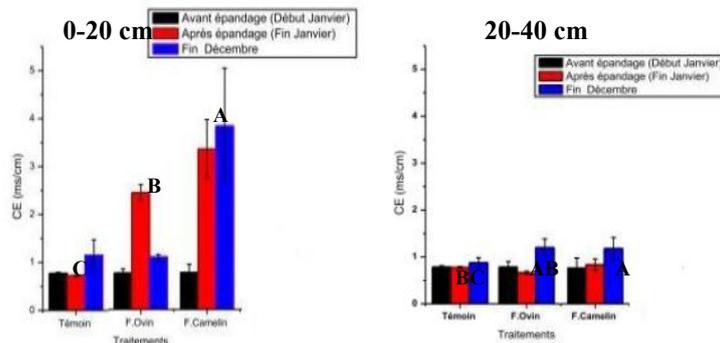


Figure 12 : Evolution de salinité avant et après de l'épandage (Dar Dhaoui).

Pour remédier à l'accumulation excessive des sels dans le sol notamment dans les parcelles amendées en fumier camelin, il est fort recommandé d'étudier l'effet dose de ce traitement.

### 3.2.5.2. Site d'El Fjè

Le suivi de la conductivité électrique du sol dans les deux horizons en fonction des différents traitements présentés par la figure 13, montre qu'il y a une différence significative entre les deux traitements et le témoin.

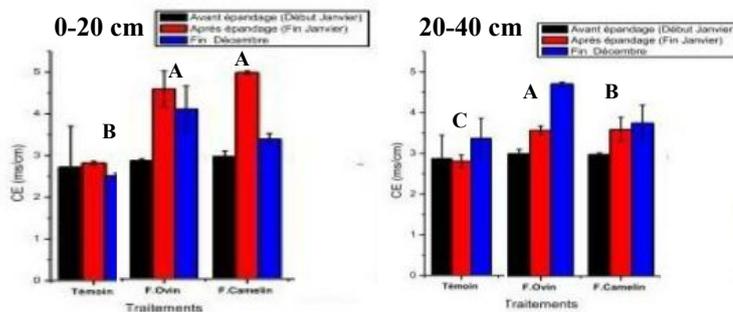


Figure 13: Evolution de salinité du sol avant et après l'épandage (El Fjè).

La conductivité électrique initiale du sol est élevée et correspond à 2,78 mS/cm.

L'amendement avec le fumier camelin et le fumier ovin a entraîné une augmentation de cette salinité dans la couche superficielle jusqu'à une valeur respectivement de 4,45 et de 4,74 mS/cm juste après l'épandage, puis elle diminue jusqu'à 3,22 et 3,78 mS/cm respectivement à la fin de l'année. Ceci est dû probablement à la salinité relativement élevée de ces amendements surtout celui du fumier camelin qui est de 18,01 mS/cm. Cependant, l'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux amendements sur le sol.

En profondeur, les amendements organiques ont entraîné une augmentation de la salinité.

### 3.2.6. Effet des différents traitements sur le pH du sol

#### 3.2.6.1. Le site de Dar Dhaoui

Le pH initial du sol est basique (8,11) à cause de sa teneur relativement élevée en calcaire.

Les résultats obtenus montrent que l'application des amendements organiques entraîne une légère diminution significative du pH du sol surtout en surface (0-20cm).

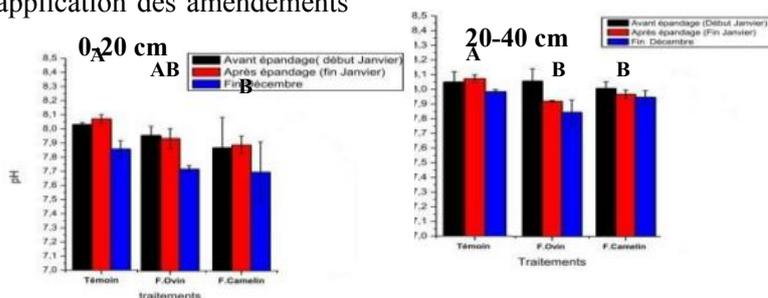


Figure 14: Evolution de pH du sol avant et après l'épandage (Dar Dhaoui)

En effet, les amendements avec le fumier ovin et le fumier camelin ont entraîné une diminution du pH en surface une année après leur application respectivement de 7,75 et 7,7.

Généralement, il s'avère que le pH reste inchangé au fil des années. Ceci est dû au pouvoir tampon élevé du sol relativement riche en calcaire.

### 3.2.6.2. Site d'El Fjè

Une légère baisse du pH a été enregistrée suite à l'épandage du fumier camelin, le pH est passé d'environ 7,8 pour le sol non traité à environ 7,6 juste après l'épandage.

Les valeurs du pH enregistrées avant et après l'épandage du

fumier ovin ne montrent pas de différence significative. Le pH se maintient à une valeur pratiquement constante même à la fin de l'année.

La comparaison des valeurs de pH dans l'horizon 20-40 cm avant et après l'épandage des amendements organiques, montre une légère baisse pour les deux traitements.

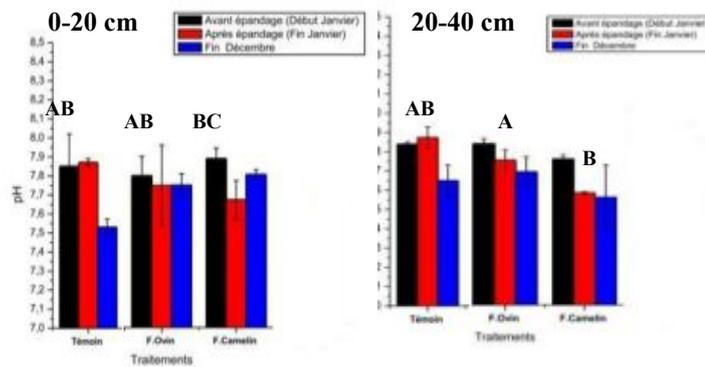


Figure 15: Evolution de pH du sol avant et après l'épandage (El Fjè).

### 3.2.7. Effet des traitements sur la capacité d'échange cationique (CEC) du sol

La capacité d'échange cationique initiale de ces sols est très faible et correspond à 1,5 méq/100 g pour le sol de Dar Dhaoui et 0,9 méq/100 g pour le sol d'El Fjè. Ceci est dû à la texture sableuse de ces sols et leur faible teneur en matière organique. L'apport des amendements organiques agit sur le complexe adsorbant et améliore en conséquence la CEC du sol.

#### 3.2.7.1. Site de Dar Dhaoui

Les résultats obtenus montrent que l'application des traitements a engendré une augmentation hautement significative de la CEC au niveau de la couche superficielle.

L'amendement avec le fumier ovin a engendré l'augmentation la plus élevée de la capacité d'échange cationique qui varie de 1,5 méq/100 g de sol à 4,8 méq/100 g de sol juste après l'épandage du fumier et à 5 méq/100 g de sol à la fin de l'année.

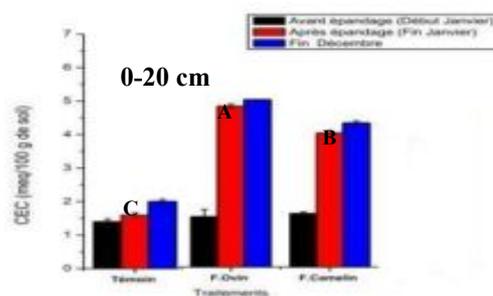


Figure 16: Evolution de CEC du sol avant et après l'épandage (Dar Dhaoui).

Tandis que, l'amendement par le fumier camelin a entraîné une variation de la capacité d'échange cationique de 1,6 méq/100 g à 4 méq/100 g juste après l'épandage et à 4,3 méq/100 g à la fin de l'année.

L'analyse statistique des résultats montre qu'il y a une différence significative entre les deux traitements et le témoin d'une part et entre le fumier ovin et le fumier camelin d'autre part.

Quelque soit l'amendement appliqué, on constate qu'il y a une amélioration de la capacité d'échange cationique du sol. Ceci est dû à la richesse de ces amendements en matière organique et la nature biochimique de cette dernière qui contribuent à l'amélioration de la capacité d'échange cationique du sol.

#### 3.2.7.2. Site d'El Fjè

Les résultats obtenus montrent que l'application des traitements a engendré une augmentation hautement significative de la CEC au niveau de la couche superficielle.

L'amendement avec le fumier camelin a engendré l'augmentation la plus élevée de la capacité d'échange cationique qui varie de 1,4 méq/100 g de sol à 4,1 méq/100 g de sol juste après l'épandage du fumier et à 6,3 méq/100 g de sol à la fin de l'année. Tandis que, l'amendement avec le fumier ovin a engendré une variation de la capacité d'échange cationique de 0,7 méq/100 g à 4,1 méq/100 g juste après l'épandage et à 6,3 méq/100 g à la fin de l'année.

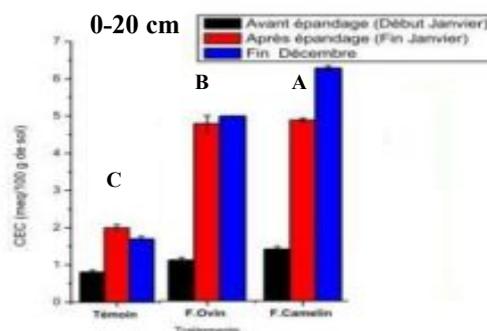


Figure 17: Evolution de CEC du sol avant et après l'épandage (El Fjè).

L'analyse statistique des résultats montre qu'il y a une différence significative entre les traitements et le témoin d'une part et entre les deux traitements d'autre part.

Ces résultats montrent que l'apport des amendements organiques dans le sol a engendré une augmentation hautement significative de la capacité d'échange cationique en surface du sol qui est initialement très faible. Ceci pourrait être attribué à la richesse de ces amendements en matière organique.

#### 4. CONCLUSION

Les sols des régions arides sont relativement pauvres en matière organique. Cet appauvrissement est accéléré par l'intensification des cultures, la texture légère de ces sols et le non restitution des résidus des cultures (s'ils existent ???) dans le sol. C'est ainsi que l'épuisement de la matière organique de ces sols accentue la dégradation et la diminution de leur fertilité favorisant ainsi les processus d'érosion et de désertification.

Afin de préserver ces sols et maintenir leur productivité, L'apport des amendements organiques devient indispensable. Cependant, ces amendements organiques ne sont pas toujours disponibles et leur qualité laisse souvent à désirer et on a eu recours à d'autres sources d'amendement organiques. Parmi ces amendements, le fumier ovin et le fumier camelin peuvent constituer un éventuel amendement pour les sols des régions arides pauvres en cet élément.

Toutefois, la bonne gestion des produits organiques apportés aux sols, a une importance capitale dans l'entretien de la qualité des sols cultivés. En effet, l'apport de ces produits organiques dans le sol a une influence d'une part sur la fertilité du sol et sa capacité à produire et d'autre part sur son statut organique et donc le rôle du sol à stocker du carbone organique et lutter contre l'érosion.

Le présent travail a été mené dans deux sites différents dans le gouvernorat de Médenine (Sud Tunisien) dans le but d'étudier les effets de deux amendements organiques sur les propriétés chimiques du sol. Le choix des produits d'amendement est à partir de l'idée de valorisation des déchets animaux qui existent dans ces régions. Soit, le fumier ovin et le fumier camelin.

Les résultats obtenus ont montré que :

Dans les conditions de notre expérimentation les amendements organiques appliqués ont engendré une amélioration significativement de la teneur en potassium échangeable dans le sol. Le fumier camelin est considéré comme étant un amendement organique très riche et qui a donc tendance à augmenter la teneur en potassium échangeable dans le sol. Cette même tendance est presque observée suite à l'épandage par le fumier ovin. Ces matériaux peuvent constituer un éventuel amendement potassique pour les sols des zones arides pauvres en cet élément.

Ces amendements organiques ont engendré une amélioration significative de la teneur du sol en phosphore assimilable dans le sol. Cependant, le fumier camelin et le fumier ovin sont relativement très riches en cet élément.

Les teneurs du sol en azote ammoniacal  $N-NH_4^+$  augmentent significativement suite à l'épandage de ces amendements organiques, qui ont engendré un enrichissement en cet élément dans les quarantes premiers centimètres.

Les teneurs très faibles en azote nitrique obtenues dans les deux sols seraient dues d'une part à la nature texturale de ces sols qui est sablonneuse et favorisent donc le lessivage des nitrates, qui sont très

mobile, d'autre part les teneurs très élevées de l'azote ammoniacal montrent que le processus de nitrification est lent.

L'apport des amendements organiques a engendré une augmentation significative de la teneur en matière organique du sol dans la couche superficielle par rapport au témoin. Cependant, ces amendements ont engendré une augmentation du stock organique 2 fois plus élevée au niveau du sol.

Les deux amendements organiques ont engendré un effet très notable sur la salinité du sol. Pour remédier au risque d'accumulation des sels dans le sol, notamment dans les parcelles amendées avec le fumier camelin, il est fort recommandé d'ajuster les doses d'utilisation de ce fumier.

L'épandage des amendements organiques a entraîné une modification peu notable sur les valeurs du pH du sol. Ceci est dû au pouvoir tampon des sols tunisiens riches en calcaire.

L'apport des ces amendements organiques dans le sol a engendré une augmentation hautement significative de la capacité d'échange cationique dans l'horizon superficiel du sol qui était initialement très faible. Ceci pourrait être attribué à la richesse de ces amendements en matière organique.

En conclusion, l'apport des amendements organiques améliore significativement les différentes propriétés du sol et ils peuvent être utilisés comme des fertilisants en agriculture. Toutefois, la valorisation du fumier camelin comme amendement organique nécessite une étude plus approfondie sur l'optimisation des doses d'utilisation afin d'éviter les risques de salinisation qu'il peut engendrer.

### **Remerciements**

*C'est pour moi un agréable devoir, d'adresser mes remerciements les plus vifs à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Mes vifs remerciements s'adressent à :*

*Monsieur Houcine TAAMALLAH, Je tiens à lui remercier pour l'honneur qu'il m'a fait en m'encadrant dans l'élaboration de ce travail et de m'avoir accueilli chaleureusement dans son laboratoire. Il est de mon devoir, en cette circonstance de lui exprimer ma reconnaissance pour ses conseils précieux, ses remarques judicieuses, ses encouragements et surtout pour sa disponibilité. J'espère que Dieu bénisse son âme au paradis. Je dédis mon succès qui est grâce à lui à son mémoire et je restais toujours reconnaissante à lui comme il restait aussi ma référence à suivre tout au long de ma vie.*

*Je tiens à exprimer ma gratitude à Mr Mohamed MOUSSA pour son aide, son encouragement et son intervention pour la correction de cet article.*

*Je remercie Mr Houcine KHATTELI, Directeur Général de l'IRA de Médenine, qui a bien voulu m'accepter au sein de son institut et auquel je suis redevable.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à tous mes ami(e)s et tout le personnel du laboratoire de pédologie à l'IRA : Emna Fares, Ibtissem Lassoued, Ibtissem enneb, Latifa Kiwa, Sekrafi Ahmed, Said Chibani, Eljarray Lassaad qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance et mon respect.*

### **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Bohec J. (1990) : Emploi des composts urbains et des composts des boues des stations d'épuration en cultures légumières. P.H.M., Revue Horticole n° 307.
- Kharbech M., (2005) : Effets de certains amendements organiques sur l'état nutritif du (N, P, K et MO) et sur sa teneur en métaux lourds (Zn, Pb, Cu et Cd). Projet de fin d'étude INAT. Tunis : 45 p.
- Zeigler D. (1988) : Valeur fertilisante des effluents d'élevage : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO. Perspectives agricoles n° 127- Juillet/ Aout 1988, 166-181.

## Caractérisation physico-chimique des sols des zones arides en Algérie. Cas de M'Cif (Wilaya de M'Sila)

Tir Chafia, Maitre Assistant A, Département d'Agronomie. Université de M'Sila, Algérie  
Email: tirtir2009@yahoo.fr

Cherid Nawel, Ingénieur Agronome, Aménagement et mise en valeur des ressources naturelles  
DJILI Kadour, Professeur à l'Ecole nationale des sciences agronomiques d'Algérie.

Madani Djamila, Maitre Assistant B, Département d'Agronomie. Université de M'Sila, Algérie  
agrobatna2007@yahoo.fr

Hiouani Fatima, Maitre Assistant B, Département d'Agronomie. Université de Biskra Algérie  
Fellah Sihem, Maitre Assistant B, Département de médecine. Université de Constantine  
Algérie

### RESUME

En Algérie, la zone aride présente près de 95 % du territoire national, dont 80 % dans le domaine hyperaride. Dans ces régions, les sols posent d'énormes problèmes de mise en valeurs. Ils présentent souvent des accumulations calcaires ou gypseuses et sont, la plupart du temps, salés et sujets à l'érosion et à une salinisation secondaire. La zone de M'Cif (Draa Chih) occupe une partie de la plaine sud du Hodna, dite du R'mel avec les coordonnées suivantes: 416m d'altitude; une latitude de 35° 19' 13,7" Nord et longitude de 4° 48' 20,9" Est, son climat est de type aride à hiver tempéré, elle est parcourue par un réseau hydrographique peu dense et sa morphologie est marquée par les oscillations climatiques du Quaternaire.

Les résultats d'analyse des échantillons prélevés d'un sondage à tarière d'une zone représentative de la région montrent que le sol a une texture sableuse avec prédominance du sable fin par rapport au grossier, la teneur de calcaire augmente au sens de profondeur, le taux de la matière organique diminue au sens de profondeur ainsi que celui du gypse. La salinité varie d'un horizon à un autre et le pH est moyennement alcalin tout au long du sol.

**Mots clés :** M'Cif (R'mel), sol, propriétés physico-chimiques

### SUMMARY

In Algeria, the arid zone has about 95% of the national territory, 80% in the arid area. In this area, soils pose enormous challenges for the development. They often have gypsum and limestone salt accumulations and subject to erosion and secondary salinization. Area of M'Cif (Draa Chih) occupies part of the plain of « Hodna » (R'mel) with the following coordinates: 416m of altitude, latitude of 35° 19' 13,7" North, and longitude of 4° 48' 20,9" Est. His climate is arid with wild winter. Its morphology is marked by quaternary climate formation.

The analytical results of samples taken from a survey auger of a representative area in our region show that the soil has a sandy texture with a predominance of sand compared to coarse, content of limestone increases with depth, the rate of organic material decreases in the depth direction as well as the gypsum. The salinity varies from one horizon to other, and the pH is moderately alkaline throughout of soil.

**Key words:** M'Cif (R'Mel), soil physicochemical properties

### 1. INTRODUCTION

L'Algérie à marquer un grand accroissement populaire et démographique, donc obligatoirement une augmentation des besoins nutritionnels. Devant une telle situation, l'état a élaboré une politique basée sur des essais de réalisation des projets de développement rural visant normalement l'agriculture comme élément de base.

La réalisation de ce rêve nécessite des connaissances ainsi que des travaux approfondis en matière des cultures à installer et beaucoup plus sur les sols à utiliser.

Le Hodna (dont fait partie la zone étudiée; M'Cif) est l'une des régions d'Algérie où la connaissance du milieu naturel est des plus avancé, mais de point de vue pédologique les études effectuées restent insuffisantes.

De point de vue climatique, et suit à la latitude méridionale et plus encore la barrière tellienne; elle est considérée comme un domaine aride que semi-aride.

Avec ces conditions climatiques difficiles et contraignantes pour le développement de la végétation (faible pluviométrie et température moyenne élevée) et si les sols de ces régions ne sont pas entretenus et leurs propriétés néfastes ne sont pas corrigées, seul des espèces robustes peuvent résister.

De ce fait, la connaissance et la caractérisation des sols de cette zone paraît primordiale, à savoir obligatoire pour tout essais d'aménagement et d'utilisation agricole. La présente étude vise la détermination et la connaissance des propriétés physico-chimiques des sols de la zone de M'cif ((Draa Chih), Wilaya de M'Sila) prélevés par sondage à tarière.

## 2. MATERIELS ET METHODES

La plaine au sud du R'Mel (Sud de chott El Hodna, dont fait partie la zone de M'cif) se caractérise par la nature sableuse de ses sols (Mimoune, 1995). Ceci pousse certains chercheurs à la considérer comme appartenant au Sahara, non au Hodna proprement dit (Sebhi, 1987).

La station M'cif (Draa Chih) présente une altitude de 416m; une latitude de 35° 19' 13,7" Nord et longitude de 4° 48' 20,9" Est (Figure 1).

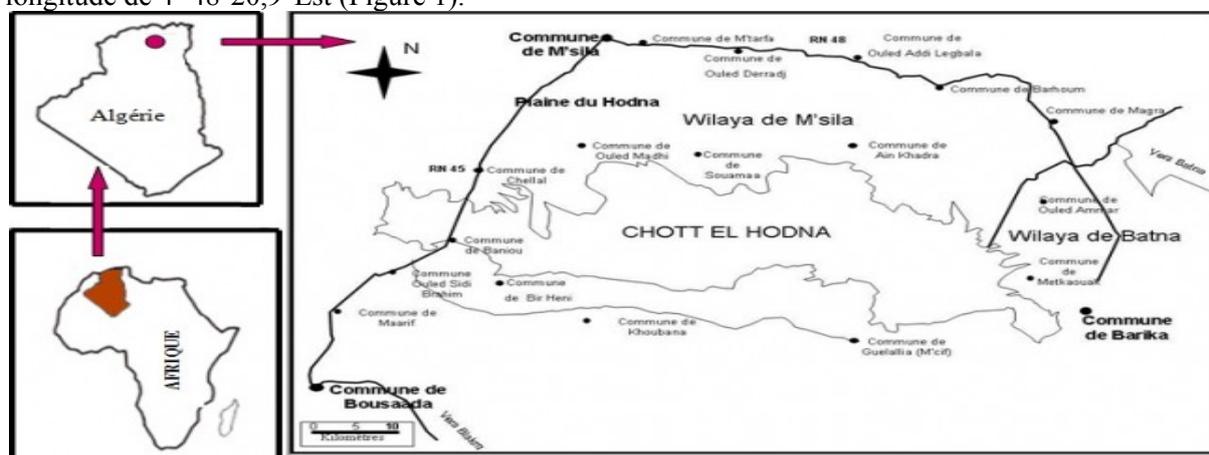


Figure n ° 01 : Situation géographique du Chott El Hodna.  
(Source : Bensaci et al, 2008)

En se basant sur les données climatiques issues de la station météorologique de Bousaada (2010), la zone d'étude présente les caractéristiques suivantes: une pluviométrie annuelle faible (moyenne de 176,4 mm) qui varie de façon irrégulière d'un mois à un autre et appartient à l'étage bioclimatique aride à hivers tempéré (diagramme de Bagnouls et Gaussens; climagramme d'Emberger) avec une sécheresse continue tout au long de l'année et une durée d'insolation moyenne de 27729,1h/an (l'ANRH,2006) et une évapotranspiration qui varie entre 1300 et 1360mm/an (FAO, 1975).

Au niveau de Chott El Hodna (dont appartient notre zone d'étude), la nappe phréatique saline conditionne la formation des sols halomorphes (Boyardgiev, 1975; Pouget, 1979; Halitim, 1988; Kaabeche, 1990). Ses sols se caractérisent par une texture sableuse et l'halomorphisme et le gypsomorphisme sont les phénomènes pédologiques majeurs.

Les échantillons (du sol) ont été prélevés en période de printemps et exactement le 12/04/2011 et analysés au laboratoire de pédologie du département d'Agronomie à l'université de M'Sila (Algérie) par les méthodes suivantes:

Le pH (eau et KCl)/, par voie électrométrique sur une suspension sol/solution de 1/2,5. La conductivité électrique à base d'un extrait dilué 1 / 5 par un conductimètre (Baize, 2000). Le calcaire total par la méthode volumétrique par calcimètre de Bernard (Dakar, 2008). Le calcaire actif suivant la méthode de (Drouineau-Galet, 1956).Après avoir déterminé le pourcentage du Carbone organique (déterminé à froid), la valeur issue est multiplié par 1,72 pour en déduire la valeur de la MO. Le gypse par la méthode de (Richards, 1954). L'analyse granulométrique, par la méthode internationale à la pipette de Robinson (Aubert, 1978).

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

Après sondage à tarière, on a trouvé que la profondeur de la nappe phréatique était de 120 cm.

Le sol de la station de (M'cif (Draa Chih)) comporte quatre horizons et en se basant sur les principaux caractères morphologiques observés on a pu ressortir les détails suivants:

**SH1 (0-18):** la couleur à l'état humide est brune jaunâtre (10Y R 5/8), texture sableuse, très forte effervescence à l'HCl, l'Humus est de type Mule.

**SH2 (18-25) :** c'est une zone de transition. La couleur à l'état humide est brune jaunâtre (10Y R 5/6), texture sableuse, très forte effervescence à l'HCl, l'Humus est de type Mule.

**SH3 (25-40):** la couleur à l'état humide est brune jaunâtre brillante (10Y R 6/6), texture sableuse, très forte effervescence à l'HCl.

**SH4 (40-120):** la couleur à l'état humide est brune jaunâtre brillante (10Y R 6/6), texture sableuse, très forte effervescence à l'HCl.



Figure 2. Station de M'cif (Draa Chih) (12 Avril 2011).

Pour les données analytiques, on les résume au tableau 1. Le sol, à texture sableuse, est un sol bien aéré, pauvre en réserve d'eau et pauvre en élément nutritif. Le taux de sable totale est élevé et provoque une diminution d'humidité du sol (Bensaid et Hiuouani, 2009).

D'après les résultats obtenue, nous pouvons dire la porosité de sol est faible selon (Karoutchev, 1983 in Mahiou, 1996).

Tableau 1. Données analytiques du sondage de la station de M'cif (Draa Chih)

Horizon (cm)	pH 1/2,5		CE (ds/m) 1/5	Calcaire (%)		Gypse (%)	MO (%)	Porosité (%)	Granulométrie (%)				
	Eau	KCl		Totale	Actif				A	L		S	
										L <sub>se</sub>	L <sub>f</sub>	S <sub>se</sub>	S <sub>f</sub>
S3 H1 (0-18)	7,90	7,72	0,460	16,75	7,5	2,15	2,00	33,31	15,2	20,2	2,2	1,135	48,455
S3 H2 (18-25)	8,01	7,90	0,605	15,10	6,83	2,15	2,02	/	13,8	7,6	6	2,58	55,745
S3 H3 (25-40)	7,95	7,86	0,556	12,02	5,5	2,15	0,96	/	9,6	10,4	6,2	2,97	61,975
S3 H4 (40-120)	8,02	7,94	0,403	29,58	4,83	1,462	0,65	/	8,6	6,4	2,4	11,49	70,5

Pour nos échantillons, le pH est moyennement alcalin (d'après Gaucher, 1968). La CE est supérieure à 500 µs/cm et inférieure à 1000 µs/cm dans les horizons SH2 et SH3 alors que le sol est légèrement salin. La CE des horizons SH1, SH4 est inférieure à 500 µs/cm est non salin.

Le calcaire totale prends des valeurs qui dépasses 5% et varier entre 10 à 25% donc ce sol est moyennement calcaire (Ruellan, 1976). Ces valeurs du calcaire total augmentent avec la profondeur (Aubert, 1951). Pour nos échantillons, la teneur du calcaire arrive à une valeur de (29,58 %) dans l'horizon SH4.

Le gypse présente de très faibles pourcentages, ses valeurs sont inférieures à 3%; il s'agit d'un sol non en gypseux selon (Barzanji, 1973 in Tir, 2001).

Le taux de matière organique diminue au sens de profondeur, passant d'un pourcentage de 2 % dans l'horizon SH1 à 0,65 % dans l'horizon SH4. L'augmentation de la matière organique en première horizon justifié par la présence de couvert végétale dense et aussi une bonne activité biologique.

#### 4. CONCLUSION

L'étude des propriétés physico-chimiques des sols mené dans la M'cif (au Sud de Chott Et Hodna), a prouvé que le climat est de type aride inférieur à hiver tempéré avec une très faible pluviométrie et longue période de sécheresse. La texture est sableuse donnant au sol une bonne aération. Le pH est moyennement alcalin avec une légère salinité et de très faibles pourcentages en gypse. Le taux du calcaire total augmente avec la profondeur et notre sol est légèrement calcaire. Le taux élevé de la MO en première horizon et sa diminution dans le sens de la profondeur est justifié par la présence de couvert végétale dense et aussi une bonne activité biologique. En conséquence, les sols de M'Cif qui font l'objet actuellement d'une mise en valeur intensive montre des caractéristiques physiques et aussi chimiques médiocres à bonnes qui méritent d'un réseau de drainage. Car cette région et malgré qu'elle n'est pas salée et que sa structure est sableuse risque d'acquérir une certaine salinité pour éviter la remontée des eaux salées, la faible teneur en argile qui réduit la fertilité chimique de ces sols, il faudra y remédier des amendements organiques.

#### Remerciements

*Nous exprimons nos vifs remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation du présent travail; surtout Mr Djili Kadour (Professeur à l'Ecole Nationale des Sciences Agronomiques d'Algérie).*

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENSAID R et HIOUANI F., (2009) : Effet de la salinité sur la rétention en eau des sols gypseux de la région de Ain Ben Noui -Biskra, n°09, Pp: 85-89.
- DAKAR., (2008) : Analyse des sols. IRD. 9 p.
- GIASSON Ph et JAOUICH A., 2008- Les propriétés chimiques du sol, 46 p.
- A.N.R.H., (2006) : Etude pédologique du Hodna (Wilaya de M'sila). Rapport année 2005-2006, Alger, 41 p.
- TIR Ch., (2001) : Dynamique saisonnière des nappes phréatiques dans la station expérimentale de SEDI MEHDI-TOUGGOURT. Mémoire d'ingénieur, université de BATNA, 63 p.
- BAIZE D., (2000) : Guide des analyses en pédologie. Choix - expression. Présentation – interprétation, 2<sup>ème</sup> édition. INRA, Paris, 257 p.
- MAHIOU S., (1996) : Contribution à l'étude de la capacité de rétention d'eau des sols sahariens, cas de la région de Zribet El-oued, wilaya de Biskra. Mémoire d'ingénieur. Université de Batna.
- MIMOUNE S., (1995) : Gestion des sols salés et désertification dans une cuvette endoréique d'Algérie (Sud de Cott El Hodna). Thèse doct. 250p.
- KAABECHE M., (1990) : Les groupements végétaux de la région de Bousaada (Algérie). Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse Doc, 132p.
- HALITIM A., (1988) : Les sols des régions arides d'Algérie. Ed. O. P. U, Alger, 384 p.
- SEBHI S., (1987) : Mutation du monde rural Algérien: le HODNA, ouvrage de l'office des publications universitaires. ALGER. 49-88p.
- POUGET M., (1979) : Les relations sol- végétation dans les steppes sud Algéroises. Travaux et documents de l'ORSTOM. N° 116. Paris, 555 p.
- AUBERT G., (1978) : Méthode d'analyses des sols. CRDP. Marseille, 180p.
- RUELLAN A., (1976) : Morphologie et répartition des sols calcaires dans les régions méditerranéennes et désertiques, Ann. Agro. INA. Vol VI. N°1. Pp: 11-39.

- F. A. O., (1975) : Guide des ressources naturelles et expérimentation et démonstration agricole dans la région du Hodna: les sols du Hodna. Rapport technique vol 5, 141 p.
- BOYADJIEV G.T., (1974) : Les sols du Hodna P. N. U. D / F. A. O. Rome. Rapport Tech n°5, 141p.
- GAUCHER G., (1968) : Traité de pédologie agricole, le sol et ses caractéristiques agronomiques. Ed. Dunod, Paris, 579 p.
- AUBERT G., (1951) : Les sols des régions semi-arides d'Afrique et leur mise en valeur .In : Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides. Paris, Union. Internationale des sciences biologiques. Pp: 11-25.



## Suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours d'un cycle de compostage des palmes sèches

Zougari-Elwedi Boutheina<sup>1\*</sup>, Issami Wissal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre Régional de la Recherche en Agriculture Oasienne (CRRAO), Route de Tozeur Km1, Degache 2260, Tunisie.\*Email : zougarib@yahoo.fr.

<sup>2</sup>Institut Supérieur des Sciences Biologiques Appliquées de Tunis,9 Rue Docteur Zouheir Safi, 1006 Tunis, Tunisie

### RESUME

En raison des besoins grandissants d'élimination et de valorisation des palmes sèches, nous avons opté pour une plate-forme de compostage. Les exigences de qualité des composts nécessitent des caractérisations physico-chimiques et microbiologiques. Nos objectifs ont donc été d'étudier les processus de compostage et de suivre l'évolution des paramètres physiques, chimiques et microbiologique du compost.

Notre étude a porté sur un compostage en andain constitué d'un mélange de palmes sèches broyées (67%) et du fumier (33%). Le compost a été caractérisé par des paramètres physico-chimiques (température, humidité, pH, carbone, azote, rapport C/N et teneur en matière organiques) et microbiologiques (dénombrement des micro-organismes (bactéries, actinomycètes et champignons)).

Les résultats trouvés ont montré que deux phases se succèdent au cours du compostage (phase oxydative et phase de maturation). Ces deux phases se caractérisent par une succession de communautés microbiennes, constituées majoritairement de bactéries, de champignons et des actinomycètes, au cours du processus de compostage. L'évolution de ces populations microbiennes est fonction des paramètres physico-chimiques. L'ensemble de nos résultats trouvés, révèle que le paramètre environnemental majeur qui influence sur les populations microbiennes citées était la température.

**Mots clés:** Compost, communautés microbienne, fumier, palmes sèches, paramètres physico-chimiques

### SUMMARY

Due to the growing need for recovery and disposal of dry palms, we have chosen to reduce through recycling and composting. Determination compost quality requires many physical, chemical and biological characterizations. The study aims are to characterize composting processes and monitor the physical, chemical and microbiological parameters of compost. Our study focused on a windrow composting composed by the mixture of crushed dry palms (67%) and manure (33%).

Physical and chemical parameters (temperature, humidity, pH, carbon, nitrogen, C/N and organic matter) and microbiological (counting micro-organisms (bacteria, actinomycetes and fungi)) are the main indicators to identify compost.

The results obtained showed two successive phases during composting (oxidative phase and maturation phase). These two phases are characterized by microbial communities' succession, consisting mainly of bacteria, fungi and actinomycetes, during a composting process. The microbial population evolution is greatly affected by physico-chemical parameters. The overall results indicate that Temperature was found to be an important parameter in determining this trend.

**Keywords:** Compost, dry palms, manure, microbial communities, physico-chemical parameters

### 1. INTRODUCTION

Les palmes sèches, constituées de résidus issus de l'entretien des palmeraies, sont une source importante de déchets organiques collectés par les agriculteurs. Une voie naturelle de valorisation de déchets comportant de nombreux avantages est le compostage. Le compostage présente en effet les avantages de réduire les risques environnementaux liés à la gestion des déchets par la diminution de ces volumes (Saebou et Ferrini, 2006). De plus, le compostage permet d'obtenir un amendement constitué d'une matière organique stable et humifiée renfermant des nutriments. Ce procédé de valorisation est l'une des biotechnologies les plus complexes qu'il soit quant à la compréhension des phénomènes impliquées, en raison des changements d'états physiques et biologiques innombrables durant le processus. Il fait intervenir différentes communautés de microorganismes qui se succèdent,

en fonction de leurs potentialités métaboliques au cours des différents stades de transformation de la matière organique et de son degré de maturité.

## 2. MATERIELS ET METHODE

Cette étude s'est focalisée sur le compostage des palmes sèches de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*), comme source de carbone, et du fumier frais issu d'élevage d'ovin, comme source d'azote, en suivant la variation de certains paramètres physico-chimiques sous l'effet d'une activité microbienne (bactéries, champignons et actinomycètes).

On peut distinguer plusieurs étapes dans le procédé de compostage de ce mélange: une première phase correspond à la collecte des déchets organique. Elle est suivie d'une phase d'homogénéisation de mélange à composter. Après cette homogénéisation, démarre vraiment le compostage avec une phase de fermentation au cours de laquelle des retournements à intervalle de 15 jours sont effectués pour assurer une bonne dégradation et une recombinaison de la matière organique. A cette phase de fermentation, succède une phase de maturation.

Au cours du processus de compostage, les échantillons sont prélevés à l'occasion du retournement. Le prélèvement de 0,5 kg de matière dans des sacs stériles, est réalisé 3 fois à différents niveaux du tas de manière à obtenir un échantillon aussi représentatif que possible (échantillon composite) qui sert aux différentes mesures et analyses physico-chimiques.

Pour les analyses microbiologiques, l'échantillon de compost (5g) a été dilué dans 45 ml de solution tampon (0,06 M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>/ NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) (1/9 v / v), pH 7,6. Des dilutions en série sont ensuite réalisées à partir d'eau physiologique stérile (NaCl 0,9%) et étalé de façon aseptique dans des boîtes de Pétri (0,1ml de chaque dilution) sur différents milieux de culture: PDA (Potato Dextrose Agar), TSA (Tryptic Soy Agar) et de SAA (Starch Ammonium Agar), en vue de faciliter respectivement la croissance des champignons, des bactéries et des actinomycètes. Des boîtes de Pétri ont été incubées en fonction de la phase de l'isolement comme l'indique le tableau 1.

**Tableau 1.** Les températures d'incubation des micro-organismes

Milieux de culture	micro-organismes mésophiles	micro-organismes thermophiles	Durée d'incubation
PDA	30°C	50°C	72h
TSA	37°C	50°C	24 h
SAA	37°C	55°C	120 h

Après incubation, des colonies de bactéries, des champignons et des actinomycètes ont été isolés. L'évaluation de la concentration cellulaire dans un échantillon de compost a été déterminée par comptage des cellules dans des dilutions de l'échantillon étalées sur boîtes de pétri selon l'équation :

$$\text{UFC / g} = \text{Nombre de colonies} \times \text{dilution} \times 100$$

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1 Caractérisation chimique des matériaux de départ

Les matériaux de départ que nous avons composté sont variables dans leurs compositions chimiques et ceci a influé sur le déroulement de compostage. Les résultats d'analyses de ces matériaux de départ utilisés qui sont présentés dans le tableau 2 nous a permis de distinguer plusieurs indicateurs d'évaluation d'un bon compost.

**Tableau 2.** Quelques caractéristiques chimiques des matériaux de départ

	MS%	MO%	C%	N%	C/N	pH
Palme sèches	91%	71,723	39,496	1,316	30,012	6,4
Fumier Ovin	94,497	36,018	24,92	1,246	20,01	8,3

Le C/N optimal, en début de compostage, que l'on trouve dans la littérature est assez variable et se situe dans l'intervalle (20-30), Pour approcher cette valeur optimale, nous avons mélangé les palmes sèches et le fumier avec des proportions respectives 33% et 67%.

La détermination de huit paramètres chimiques conventionnels: Humidité, pH, C, N, C/N et teneur en MO a été effectuée a partir du mélange initial (palmes sèches et fumier). Les résultats sont présentés dans le tableau 3.

**Tableau 3.** Les paramètres chimiques mesurés au premier jour du compostage.

	Humidité	pH	C%	N%	C/N	MO%
Compost	53,4	8,05	34,64	1,298	26,687	62,352

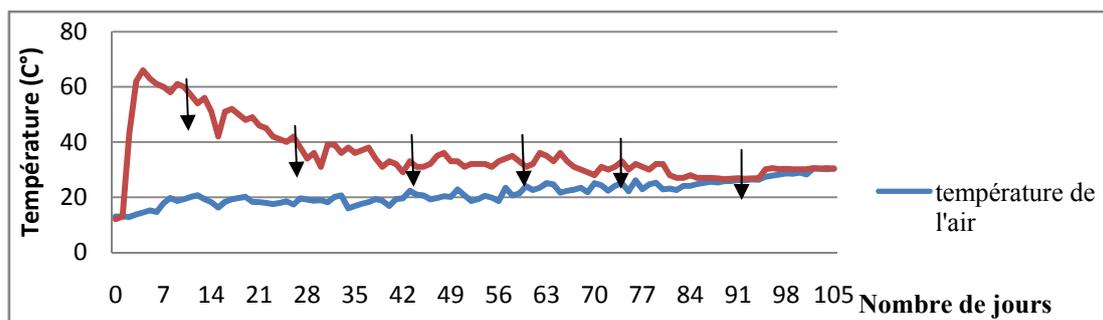
### 3.2- Evolution de quelques paramètres physico-chimiques au cours du compostage

Dans ce travail nous avons suiviau cours du compostage des palmes sèches et du fumier l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques tels que température, humidité, pH, carbone, azote, rapport C/N et teneur en matière organiques.

#### 3.2.1. Evolution de la température

L'étude de l'évolution de la température au cours du processus du compostage montre que la température de départ part de 12°C.

Les résultats enregistrés sur la figure 1 révèlent que la température du compost augmente progressivement pendant les 15 premiers jours atteindre un maximum de l'ordre de 66 °C(phase mésophile très courte). À cette phase thermophile succède une phase de maturation durant laquelle la température enregistrée reste inférieure à 40°C.



↓ : Retournement

**Figure 1.** Évolution de la température au cours du processus du compostage.

La température croit rapidement au cours du temps pour atteindre son maximum au 5<sup>ème</sup> jour après le début du compostage à la valeur de 66°C (phase mésophile très courte). Ces résultats suggèrent que l'élévation de la température au début du compostage est liée à la présence de matière organique facilement biodégradable ce qui entraîne une forte activité microbienne et par conséquent une montée rapide de la température (Waksman et al. 1939).

Cette activité est due aux microorganismes thermophiles (Mustin, 1987), Cette valeur reste inférieure à 70°C température au dessus de laquelle il y a destruction des organismes vivants et donc dégradation de la qualité du compost (Godden, 1986).

Aux alentours du 15<sup>ème</sup> jour du compostage, et suite au premier retournement, la température commence une croissance rapide pour atteindre la valeur maximale moyenne de 51°C pendant 3 jours. Durant toute la période du compostage et à chaque fois qu'il y a eu retournement il y a eu élévation et pic de la température, ceci montre que les matières qui restent en bordure tardent à composte et elles n'augmentent en température qu'après le retournement lorsqu'elles sont introduites à l'intérieur de l'andain.

A la fin de notre travail, la température de l'andain se rapproche de la température ambiante. C'est le signe que nous avons atteint la phase de maturation.

A la fin de notre travail, les températures des andains se rapprochent des températures ambiantes ce qui montre qu'il n'y a plus d'activité microbienne, le compost est donc mûr et prêt à l'emploi.

### 3.2.2. Evolution de taux d'humidité

Au début du compostage, le taux d'humidité est de 53,4%, puis ce taux aurait alors tendance à diminuer pendant la phase thermophile sous l'action de la montée de température.

Généralement et durant le processus de compostage, cette diminution de taux d'humidité est affectée par l'aération due au retournement qui entraîne des pertes d'eau sous forme de vapeur. À la fin de notre travail (105<sup>ème</sup> jour), l'humidité est maintenue à des valeurs optimales du compostage (35 à 45%) (Michel, 2003) et (Ouchir 2011).

### 3.2.3. Evolution du pH

D'après la courbe de l'évolution du pH au cours du processus du compostage (Figure 2), il paraît que le compost a au départ un pH basique (8,05). Ce pH basique favorise le développement des actinomycètes et des bactéries alcalines (Mustin, 1987)

Le pH diminue rapidement jusqu'à une valeur de 6,1 au 15<sup>ème</sup> jour. Cette baisse du pH peut s'expliquer selon Mustin (1987) par la production d'acides organiques suite à la dégradation des glucides, lipides et d'autres substances.

Il est à remarquer qu'à partir du 75<sup>ème</sup> jour du compostage (date estimée du début de la phase de maturation du compost, le pH du compost demeure presque constant. Cela peut s'expliquer par l'arrêt de l'activité des microorganismes responsables de la variation du pH. A la fin de notre travail, le compost a un pH qui se rapproche de la neutralité comme rapporté par Godden (1986) et Gobat et al (1998), Wong *et al.* (2001) et Albrecht (2007).

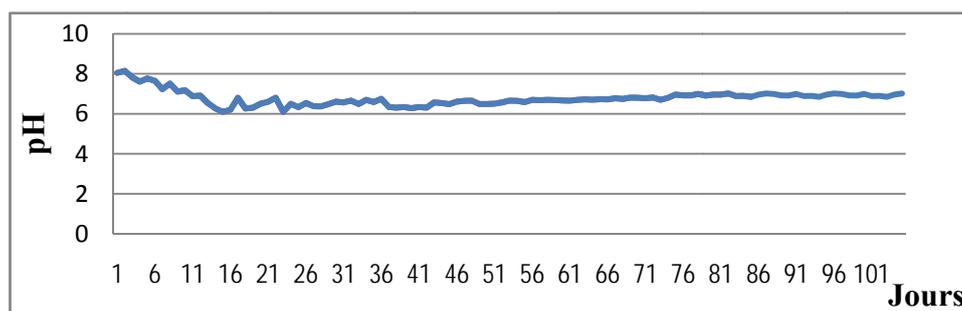


Figure 2. Evolution du pH lors du processus de compostage

### 3.2.4. Evolution du rapport Carbone/azote (C/N)

La figure 3 illustre l'évolution du rapport C/N au cours du processus du compostage, elle révèle que le compost parte d'une valeur de 26,7. Le rapport élevé du 30<sup>ème</sup> jour peut s'expliquer par la présence des palmes sèches qui sont riche en carbone.

D'après Godden (1995), l'optimum pour un C/N de départ doit se situer entre 25 et 30 dans notre cas, ce rapport est dans cette zone. Pour Mustin (1987), l'optimum se situe entre 30 et 35. Au cours du processus de compostage, le rapport C/N diminue suite à la libération du carbone sous forme de CO<sub>2</sub> (Mustin, 1987).

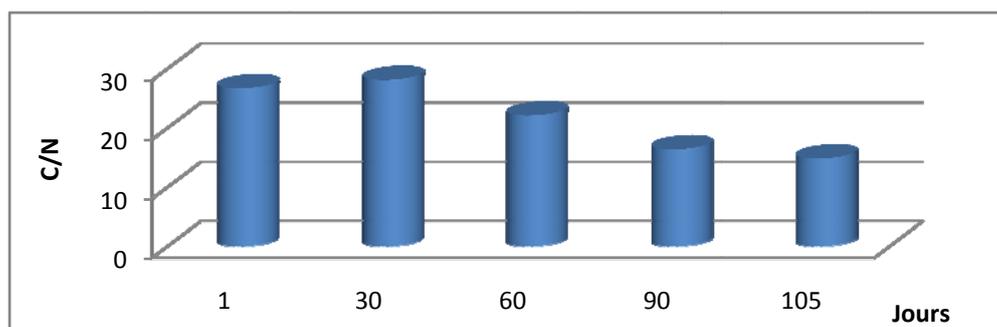


Figure 3. Evolution du rapport Carbone/azote (C/N) lors du processus de compostage.

Ce rapport décroît constamment au cours du compostage, ceci s'explique par le fait que les micro-organismes consomment plus de carbone (principal constituant des molécules organiques) que d'azote. A la fin de notre travail, les rapports C/N est égale à 14,82. Selon les travaux de Bouhaouach (2007) et Larbi (2006), un compost mûr doit avoir un rapport C/N entre 10 et 15. D'après ce critère notre compost est considéré mûr.

### 3.2.5. Evolution de la matière organique

Au début du processus de compostage, le pourcentage de la matière organique (MO%) du compost est égale à 62,35 % (Figure 4). Le pourcentage de la matière organique atteint son maximum 66,24 % au 30<sup>ème</sup> jour. Ce résultat suggère que l'élévation du taux de la matière organique au début du compostage est liée à la libération du carbone sous forme de CO<sub>2</sub> et la dégradation de certaines molécules, tels les glucides simples, l'amidon, les hémicelluloses, les pectines et les acides aminés (Mustin, 1987). D'après la figure 4, on note que le pourcentage de la matière organique diminue au cours du compostage pour atteindre son minimum 39,78 %.

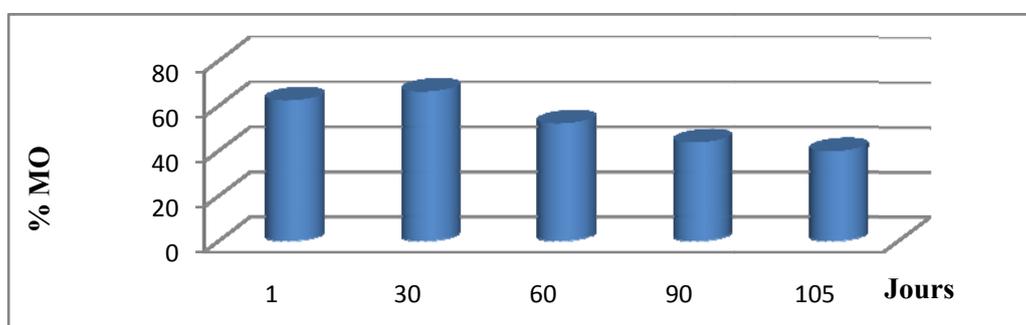


Figure 4. Evolution de la matière organique (MO) lors du processus de compostage.

### 3.3. Suivi des populations microbiennes

Dans le processus de compostage, les microorganismes jouent un rôle clef. Le suivi des populations microbiennes au cours de l'évolution du compost apparaît donc essentiel à la compréhension des phénomènes liés à l'intervention des microorganismes dans la transformation de la matière organique. La méthode qui a été utilisée pour effectuer le suivi des populations microbiennes est le dénombrement des microorganismes surboîtes de Pétri.

#### 3.3.1. Dénombrement de la population bactérienne

Durant le processus de compostage, les populations bactériennes étaient habituellement un peu plus élevées que les populations des actinomycètes et des champignons.

On remarque que les populations bactériennes ont diminué progressivement au cours de la phase thermophile de  $18 \times 10^8$  UFCg<sup>-1</sup> MS du deuxième jour du compostage à  $2 \times 10^8$  UFC g<sup>-1</sup> MS au 50<sup>ème</sup> jour. Ensuite, avec le retour de la phase mésophile (jour 60), il y a eu une stabilisation de cette population à environ  $3 \times 10^8$  UFC g<sup>-1</sup> MS.

Dans ce travail, nous avons constaté, au cours de la phase thermophile, l'apparition en grand nombre de bactéries thermophiles. Dès le début du processus de compostage, les bactéries sont toujours présentes dans la masse des déchets organiques. Ces bactéries restent actives durant tout le compostage et en particulier à haute température. Les bactéries résistent bien aux températures élevées, du fait de leur multiplication rapide et de leur diversité (Milier et Finstein, 1985 et Strom, 1985).

L'augmentation des concentrations bactériennes au cours de la phase mésophile a été influencée fondamentalement par la température et le pH.

#### 3.3.2. Dénombrement des actinomycètes

Durant le processus de compostage, les actinomycètes étaient habituellement un peu moins élevées que les populations bactériennes. On remarque que les actinomycètes subissent une augmentation progressive durant la phase mésophile et au début de la phase thermophile et une diminution rapide à

la fin de la phase thermophile. Ils se stabilisent entre le 10<sup>ème</sup> jour et le 50<sup>ème</sup> jour. Ensuite, avec le retour de la phase mésophile, il y a eu une augmentation de cette population à environ  $6 \times 10^7$  UFC g<sup>-1</sup> MS. Les actinomycètes sont des agents essentiels qui interviennent pendant la phase thermophile, en s'attaquant plus particulièrement dans les structures plus résistantes comme la lignine et la cellulose (Albrecht, 2007).

Dans ce travail, nous avons constaté, au début et la fin du processus de compostage, l'apparition en grand nombre des actinomycètes. Dès le début du processus de compostage, les actinomycètes sont toujours présents dans la masse des déchets organiques. Ces actinomycètes restent actifs durant tout le compostage. Ce résultat confirme celui de Rebolledo *et al.* (2008).

### 3.3.3. Dénombrement des champignons

Le nombre de champignons est un peu moins élevées que les populations bactériennes. On remarque que les champignons subissent une augmentation durant la phase mésophile à environ  $6 \times 10^5$  UFC g<sup>-1</sup> MS et une diminution rapide pendant la phase thermophile. Ensuite, durant la phase de refroidissement, les champignons subissent une légère augmentation et se stabilisent à la fin de notre travail (début de maturité).

La fluctuation du nombre moyen de champignons au début du processus de compostage a été influencée fondamentalement par la température et le pH. Ces champignons résistent aux bactéries mais pas à une température supérieure à 50 °C (Albrecht, 2007).

Dans ce travail, nous avons constaté, au début de compostage, l'apparition en grand nombre des champignons. Au début et à la fin du processus de compostage, les champignons sont toujours présents dans la masse des déchets organiques. Alors qu'à la phase thermophile, ces champignons sont inactifs. Les résultats ont montré que le compost a été colonisé en majeure partie par des bactéries, puis les actinomycètes et inférieur nombre par des champignons.

## 4. CONCLUSION

Le suivi de l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques durant le processus de compostage apporte de nombreuses informations sur les relations existantes entre les populations microbiennes présentes dans le compost et l'évolution des paramètres physico-chimiques.

Cette population microbienne est complexe dans sa description à cause des grandes variations (diversité et nombre) enregistrées suite aux changements physico-chimiques (pH, température, etc.)

Les résultats ont montré que le compost a été colonisé en majeure partie par des bactéries, puis les actinomycètes et inférieur nombre par des champignons. L'ensemble de résultats trouvés, révèlent que le paramètre environnemental majeur qui influence sur les populations microbiennes citées était la température.

### Remerciements

Je remercie Mme. KHALDI Rabeb et Mr. BEN ABDALLAH Houcine pour leurs aides, et leurs appuis pour que je puisse mener à terme ce travail.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albrecht R. (2007). Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts: Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique, thèse de doctorat, Marseille, France, 123p.
- Bouhaouach H. (2007). Compostage des sous-produits oasiens et leur valorisation par des cultures de carotte et de laitue. Editions universitaires européennes, Paris, 118p.
- Gobat JM, Aragno M, Matthey W. (1998). Le sol vivant. Bases de la pédologie. Biologie du sol. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Collection Gérer l'Environnement. Lausanne, Suisse, 76p.
- Godden B. (1986). Etude du processus de compostage du fumier de bovin. Thèse de doctorat, Bruxelles, 120p.
- Godden B. (1995). La gestion des effluents d'élevage. Techniques et aspect du compostage dans une ferme biologique : Revue de l'Ecologie; 13, 37-42.

- Larbi M. (2006). Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse de doctorat, Neuchâtel, Suisse.112p.
- Michel TP, McClung CR. (2003). Enhancer trapping reveals widespread circadian clock transcriptional control in *Arabidopsis thaliana*: *Plant Physiol*; 132, 629–639.
- Miller FC, Finstein MS. (1985). Material balance in the composting of sewage sludge affected by process control strategy: *J Water Pollut Control Fed*, 57, 122- 127.
- Mustin M. (1987). *Le Compost Gestion de la Matière Organique*, éd François Dubuse, Paris, 86p.
- Ouchir N. (2011). Mise au point d'un Protocole de production de compost à partir de palmes sèches, Mémoire de mastère, Tunis, 97p.
- Rebollido R, Martinez J, Aguilera Y, Melchor, K, KoernerI, StegmannR. (2008). Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste: *Applied Ecology and Environmental Research*, 6, 61-67.
- Saebo A, Ferrini F. (2006). The use of compost in urban green areas. A review for practical application: *Urban Forestry and Urban Greening*, 4, 159-169.
- Strom PF. (1985). Effect of bacterial diversity in thermophilic solid waste composting: *Appl. Environ. Microbiol*, 50, 899-905.
- Waksman SA, Umbreit WW, Cordon TC. (1939). Thermophilic actinomycetes and fungi in soils and in composts: *Soil Sci.*, 47, 37- 61.
- Wong JWC, Mak KF, Chan NW, Lam A, Fang M, Zhou LX, (2001). Co-composting of soybean residues and leaves in Hong Kong: *Bioresource Technology*, 76, 99-106.



## Etude de la valeur des semis de quelques géotypes d'Amandier comme porte-greffe.

S. Mselmi Taueb<sup>1</sup>, B. Jraid<sup>1</sup>, H. Ben Hamda<sup>2</sup>, M. Dridi<sup>2</sup>, M. Ben Slimane Harbi<sup>1</sup> et A. El Gharbi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Horticulture - Institut National de Recherche Agronomique de Tunis, Rue Hédi Karray, 2049 Ariana, Tunis, Tunisie.

<sup>2</sup>Unité d'Expérimentation Agricole au Mornag - Institut National de Recherche Agronomique de Tunis, Rue Hédi Karray, 2049 Ariana, Tunis, Tunisie.

Auteur Correspondant : email : [t.saloua@yahoo.fr](mailto:t.saloua@yahoo.fr)

### RESUME

Le but de ce travail est d'évaluer la vigueur et l'aptitude au greffage de descendants d'amandiers issus de semis. Les graines sont issues de pollinisation libre de six géotypes d'amandiers. Une partie des plants a fait l'objet d'une évaluation de la croissance de la partie aérienne et racinaire. L'effectif restant a été utilisé pour l'étude de l'aptitude au greffage avec une variété d'amandier 'Mazzetto'. Les résultats obtenus après cinq mois de culture en pot sous serre, ont montré que la variété italienne 'Fasciuneddu' a donné les semis les plus homogènes, les plus vigoureux et à système racinaire le plus long. Ceux issus, du type local des oasis de Dégache 'Berrhaïem' et du géotype 'G12-2', se sont distingués par les diamètres de collet et de pivot les plus élevés et par une importante masse racinaire. Les valeurs les plus faibles ont été obtenues avec les semis du mélange des deux géotypes à amandes amères et de la variété 'Titan'. Le taux de réussite au greffage a varié de 70 à 100 %.

**Mots clés :** Amandier ; croissance ; descendants ; greffage ; masse racinaire.

### SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the vigor and graft ability of open pollination almond seedling of six genotypes. A portion of the plants has been an assessment of the growth of aerial and root part. The number remaining was used to study the ability of the graft with a variety of almond 'Mazzetto'. The results obtained after five months of growing in pots in the greenhouses showed that the Italian variety 'Fasciuneddu' has given the strongest most homogeneous progenies and the longest root system. Those derived from the local type of oasis Dégache 'Berrhaïem' and genotype 'G12-2' are distinguished by the higher crown and pivot diameters and a significant root mass. The lowest values were obtained with the mixed bitter-almond and variety 'Titan'. The success rate of the graft ranged from 70 to 100%.

**Key words:** Almond seedling; graft; growth; progenies; root system.

### 1. INTRODUCTION

La nécessité de sélectionner de nouveaux porte-greffes de semis meilleurs que ceux disponibles, pour la culture de l'amandier en pluviale, a été ressentie à la fin des années soixante (Bernhard et Grasselly, 1969). L'hétérogénéité du semis de mélange d'amandes amères tout venant, est le principal défaut de ce porte-greffe longtemps recommandé par les anciens traités d'arboriculture fruitière. En Tunisie, le maintien de cette hétérogénéité a été signalé dans des plantations d'amandier (Lakhoua et al., 1966). L'auto – incompatibilité de la plupart des variétés d'amandiers et l'utilisation d'amandes en mélanges de provenance inconnue ont dans doute favorisé l'obtention de semis de qualité irrégulière.

Ainsi, comme pour l'amandier, il a été décidé à la fin des années quatre vingt de conjuguer les efforts dans les pays méditerranéens pour l'obtention et la sélection de nouveaux porte-greffes (Felipe, 1989). Les nouvelles plantations devaient être conduites avec du matériel végétal sélectionné pour une bonne homogénéité et une adaptation aux conditions du sol (Felipe, 2001). Les travaux de sélection de nouveaux porte-greffes menés par Vargas et al. (1985), Laghezali et Mamouni (1989), Mulas et al. (1989), Maia Desousa et Gomes Pereira (1994) et Simard et al (1997) ont abouti à des résultats concluants. Les travaux menés en Tunisie, ont seulement permis, le repérage au Sahel (Lakhoua et al., 1966) et dans les oasis de Tozeur, Dégache et Nafta (Dumont et al, 1971) de types locaux d'amandiers issus de semis de hasard présentant une bonne adaptation à leur zone d'origine et l'établissement de collections d'écotypes locaux et de géniteurs introduits (El Gharbi, 1990).

Le semis de variétés sélectionnées est actuellement utilisé comme porte-greffe de l'amandier en Espagne (Grasselly et Duval, 1997), au Maroc (Oukabli, 2006) et en Italie (Godini et Palasciano,

1998). La production de semences en verger isolé comprenant des variétés se pollinisant mutuellement, proposée par Bernhard et Grasselly (1969) semble être possible. En effet, Simard et al. (1997) ont pu identifier quatre géniteurs qui croisés entre eux produisent des descendants vigoureux, à port droit et très peu ramifiés; ce sont les génotypes 'Drepanoto', 'Garrigues', 'Tozeur' (type local des oasis de Tozeur) et 'Kichinev'.

En Tunisie, les plantations d'amandier sont surtout localisées au centre où le semis de mélanges d'amandes amères est le principal porte-greffe disponible. Pour cela, nous avons entrepris l'exploitation de la diversité génétique conservée en Tunisie pour la recherche de porte-greffes de semis d'amandier. Cette étude s'intéresse à l'évaluation de la valeur de semis de quelques génotypes locaux et introduits d'amandier pollinisés librement et d'un mélange d'amandes amères.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Matériel végétal

Les génotypes dont la descendance est étudiée (Tableau 1) ont été choisis dans une collection installée à l'Unité d'Expérimentation Agricole INRAT Mornag, située au sud est de la région de 'Ben Arous'. Cette collection rassemble de nombreux pollinisateurs; des types locaux d'amandiers, des porte-greffes franc d'amandier et de pêcher et des porte-greffes inter - spécifique *Prunus sp* introduits.

**Tableau 1.** Caractéristiques des génotypes étudiés

Génotypes	Caractéristique (en collection à l'unité d'expérimentation agricole, INRAT Mornag)
Berrhaïem	Port érigé, repéré dans les oasis de Dégâche, floraison très précoce, amande douce, coque très dure, peu productive au nord 1kg/arbre (en coque).
G12-2	Floraison précoce, amande douce, coque dure, production peut atteindre 5kg/arbre (en coque).
Fasciuneddu	Variété introduite d'Italie, floraison précoce, amande douce, coque dure, production 5kg/ (en coque)
Titan	Variété sélectionnée aux Etats-Unis, introduite vers les années 50, floraison tardive, coque très tendre
Amère 1	Coque très dure, amande amère
Amère 2	Coque dure, amande amère

### 2.2. Méthodes

#### *Préparation des amandes et semis*

Les amandes issues de pollinisation libre récoltées à maturité sont stratifiées en automne dans du sable à une température de 4°C après trempage des noyaux dans de l'eau distillée pendant 48 heures. Le semis des amandes germées est réalisé dans du sable de rivière à raison de 2 noyaux en pot de 7 litres. Chaque génotype est représenté par 40 amandes excepté les deux génotypes à amandes amères dont les amandes ont été mélangées afin de voir l'effet du mélange. Les pots sont installés sous serre et le régime hydrique a été maintenu à la capacité au champ durant tout l'essai.

#### *Evaluation de la vigueur des descendants*

L'évaluation de la croissance de la partie aérienne et de la masse racinaire a été réalisée après arrachage d'une partie des descendants âgés de cinq mois.

#### *Aptitude au greffage des descendants*

Des descendants arrachés au mois de juin ont été transférés en pot plus volumineux et installés sous abris serre afin d'évaluer leur aptitude au greffage avec la variété d'Amandier 'Mazetto'. Un greffage en écusson a été réalisé en juillet de l'année d'après. Le départ des yeux a été suivi au printemps en verger de présélection après transplantation en mars des descendants greffés à un écartement de 6 mètres sur 6 mètres; chaque génotype est représenté par 10 descendants.

### Paramètres étudiés

La vigueur est traduite par la hauteur, le diamètre à 20 cm du sol et du collet des descendants. Le poids frais des racines, la longueur du système racinaire ainsi que du pivot et le diamètre du pivot ont permis d'évaluer l'importance du système racinaire.

Le taux de réussite au greffage est calculé en rapportant le nombre de descendants portant un scion bien développé sur le nombre de descendants greffés par génotype.

### Analyse statistique

Les données relatives à la croissance aérienne et souterraine ont été traitées avec une analyse de variance à un seul facteur. La comparaison des moyennes a été réalisée avec le test de Duncan au seuil de 5%.

## 3. RESULTATS

L'analyse de la variance à un seul facteur de classification (génotype) a montré des différences hautement significatives pour la plupart des paramètres étudiés.

### 3.1. Vigueur

Les résultats relatifs à la vigueur des descendants sont indiqués au Tableau 2. La hauteur moyenne a varié de 30,66 cm pour les semis de la variété 'Titan' à 56,88 cm pour ceux de 'Fasciuneddu'. Des hauteurs variant de 50,33 à 75 cm ont été rapportées par Vargas et Romero (1993) in Simard et al. (1997), sur des descendants d'un an d'un groupe de génotypes d'amandiers. Le type local 'Berrhaïem' a présenté des descendants de même hauteur que ceux du génotype 'G12-2'; qui sont les plus homogènes (coefficient de variation de 12,71).

Le diamètre moyen à 20 cm du sol le plus important est observé pour les semis de 'Fasciuneddu' et du génotype 'G12-2', soit respectivement 3,43 et 3,23 mm. Le type local 'Berrhaïem' et le mélange amer ont présenté des semis à diamètres à 20 cm du sol comparables; toutefois ceux issus du mélange amer ont été relativement hétérogènes (coefficient de variation de 17,04).

Le diamètre moyen du collet le plus élevé a été noté sur les descendants de 'Berrhaïem', 'Fasciuneddu' et 'G12-2', soit respectivement 8,06, 7,92 et 7,92 mm. La variété 'Titan' présente la croissance la plus lente. Ces descendants sont de moindre vigueur que ceux de 'Fasciuneddu', 'G12-2' et 'Berrhaïem'.

**Tableau 2.** Essai en pot de 6 génotypes d'amandiers, vigueur moyenne des descendants âgés de 5 mois

Génotypes	ND	H	CvH	D20	CvD20	DC	Cv
Berrhaïem	20	39,44 bc	23,63	3,02 bc	12,51	8,07 a	11,25
G12-2	20	43,46 b	12,71	3,23 ab	13,33	7,92 a	10,28
Fasciuneddu	16	56,88 a	14,33	3,43 a	9,91	7,92 a	6,69
Titan	18	30,66 d	17,87	2,47 d	16,56	6,17 b	15,6
Mélange amer	18	37,13 c	18,89	2,81 c	17,04	6,53 b	11,25

ND: nombre de descendants

H: hauteur moyenne (cm)

D20: diamètre moyen à 20 cm du sol (mm)

DC: diamètre moyen du collet (mm)

Cv: Coefficient de variation

a,b,c,d : Comparaison des moyennes par le test Duncan au seuil 5 %. Les génotypes dont les valeurs portent la même lettre ne diffèrent pas significativement entre eux.

L'importante homogénéité de la vigueur des semis de la variété 'Fasciuneddu' a été également rapportée par Dumont (1971). Dans un essai de semis en pépinière, des descendants d'un an issus de 8 génotypes d'amandiers amers ont présenté des hauteurs variant de 16,6 à 46 cm et un diamètre du tronc compris entre 4,1 et 5,1 mm (D'hallewin et al., 1992).

### 3.2. Importance du système racinaire

Le poids frais des racines (Tableau 3) varie de 9,07 à 18,22 g respectivement pour les semis de 'Titan' et de 'G12-2'. Les différences observées entre les génotypes sont hautement significative ( $p < 0.0001$ ). Ces génotypes sont classés en trois groupes : Dans le premier groupe on trouve le génotype 'G12-2' et la variété 'Fasciuneddu'. Le type local 'Berrhaïem' est classé deuxième; il a donné des semis de racines à poids significativement inférieur mais plus homogènes (coefficient de variation de 18,04). Les semis du mélange amer et de la variété 'Titan' ont présenté les poids les plus faibles et sont classés dans le dernier groupe.

Aucune différence significative n'a été rapportée pour la longueur moyenne du pivot. Par contre, la longueur moyenne du système racinaire a été très variable. Les semis de la variété 'Fasciuneddu' ont présenté le système racinaire le plus long (72,06 cm). Sur ceux issus des génotypes 'G12-2', 'Berrhaïem' et du mélange amer, on rapporte un système racinaire de longueur significativement inférieure. Le plus court système racinaire est obtenu avec les descendants de 'Titan', soit 41,06 cm. Une nette homogénéité du diamètre du pivot est observée sur les semis de 'Fasciuneddu', Berrhaïem et 'G12-2'.

Une importante variabilité du système racinaire de semis de génotypes locaux a été également signalée aussi bien au niveau de la longueur (D'hallewin et al., 1992) que de la structure du système racinaire (Ünal et al., 1994).

**Tableau 3.** Essai en pot de 6 génotypes d'amandiers, importance du système racinaire des descendants âgés de 5 mois

Génotypes	ND	PR	Cv	LR	Cv	LP	Cv	DP	Cv
Berrhaïem	20	14,03 b	18,4	53,20 bc	34,53	38,50 a	55,3	7,22 a	12,4
G12-2	20	18,22 a	26,87	56,20 b	23,68	41,80 a	34,44	6,92 a	12,6
Fasciuneddu	16	17,66 a	23,69	72,06 a	37,9	46,43 a	51,89	7,39 a	11,3
Titan	18	9,07 c	37,46	41,05 c	42,02	34,22 a	44,21	5,55 b	16,1
Mélange amer	18	10,41 c	38,86	50,66 bc	35,63	43,77 a	54,58	5,77 b	14,7

ND: nombre de descendants

PR: poids moyen du système racinaire (g)

LR: longueur moyenne du système racinaire (cm)

LP: longueur moyenne du pivot (cm)

DP: diamètre moyen du pivot (mm)

Cv: Coefficient de variation

a,b,c : Comparaison des moyennes par le test Duncan au seuil 5%. Les génotypes dont les valeurs portent la même lettre ne diffèrent pas significativement entre eux.

### 3.3. Aptitude au greffage

Les descendants greffés en pot ont présenté un port droit et peu ramifié; ce qui a facilité l'opération de greffage. Le taux de réussite au greffage avec la variété 'Mazzetto' (Tableau 4), noté au mois d'avril, varie de 70 à 100 %.

**Tableau 4.** Taux de réussite au greffage des descendants de 6 génotypes

Génotypes	Taux de réussite greffage* (%)
Berrhaïem	70
G12-2	90
Fasciuneddu	80
Titan	90
Mélange amer	100

\* : Observée en verger au printemps

#### 4. CONCLUSION

L'étude de la descendance de ces génotypes pollinisés librement dans cette collection de porte-greffes fait ressortir une variabilité génétique au niveau du système racinaire. Des plants à port droit et assez homogènes ont été obtenus à partir de semis de génotypes connus à amande douce et à production moyenne. Cet essai est à reconduire en pépinière pour un complément d'évaluation. En même temps, la sélection de génotypes d'amandiers inter-compatibles avec les 4 génotypes évalués et l'étude de la valeur de leur descendance issue de pollinisation contrôlée sont à prévoir.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bernhard R, Grasselly Ch.(1969). Les porte-greffes de l'amandier: Bulletin Technique D'Information, 241, 543-549.
- D'hallewin G, Mulas M, Pellizzaro G. (1992). Results of two years observation on bitter almond rootstock selection. 8ème Colloque GREMPA/CIHEAM, rapport EUR 14081 FR. juin. Amélioration génétique de deux espèces de fruits secs méditerranéens l'amandier et le pistachier, 229 -232.
- Dumont H.(1971). PV Réunion Projet d'expérimentation et de démonstration en Arboriculture, Elevage et Pâturage (PEDAEP).FAO/67/517 - PNUD TNU/17.9pp
- Dumont H, EL Gharbi-Jaouani A, Crossa-Raynaud P. (1971). Rapport d'activité du laboratoire d'arboriculture fruitière de l'INRAT, 13-16.
- EL Gharbi A. (1990). Rapport d'activité du laboratoire d'arboriculture fruitière de l'I.N.R.A.T., 28-31.
- Felipe AJ. (1989). Rootstocks for almond - Present situation.Options Méditerranéenne, Série A, 5, 13-17.
- Felipe AJ. (2001). Una revision sobre el material vegetal de almendro: la experiencia de una vide. I.T.E.A. 97, 3,151-165.
- Godini A, Palasciano M. (1998). Growth and yield of four self-fruitful and four sel-unfruitful almonds on three rootstocks: a thirteen – year study. Acta Horticulturae, 470, 200-207.
- Grasselly Ch, Crossa-Raynaud P. (1980). Les porte-greffes. In: L'Amandier. Ed.G.P. Maison-neuve & Larose, Paris pp.256-276.
- Grasselly Ch, Duval H.(1997). L'Amandier. CTIFL,pp. 39-46.
- Laghzeli M, Mamouni A. (1989). Résultats préliminaires de sélection d'un porte-greffe de semis d'amandier. Options Méditerranéenne, Série A, 5, 73-75.
- Lakhoua H, Crossa-Raynaud P, Carraut A. (1966). Rapport d'activité du laboratoire d'arboriculture fruitière INRAT, 17-18.
- Maia Desousa A, Gomes Pereira J. (1994). Almond seedling selection for use as rootstocks. Acta Horticulturae, 373, 141-143.
- Mulas M, Delrio G, D'Hallewi G, Grasselly Ch. (1989). Etude de populations d'amandier pour la sélection de porte-greffes. Options Méditerranéenne, Série A, 5, 39-46.
- Oukabli A. (2006). Les porte-greffes des arbres fruitiers adaptés aux conditions marocains. Bulletin Mensuel. D'Information et de liaison du PNTTA, 4pp.
- Simard MH, Olivier G, Vargas FJ, Romero MA, Gomes Pereira J, Maia Desousa R, Isaakidis A. (1997). Sélection de semis de *Prunus amygdalus* comme porte-greffe de l'amandier. Options Méditerranéenne Série B, 16, 53-72.
- Ünal A, Gülcan R,Misirli A. (1994). A study on seedling rootstock properties of some almond cultigens. Acta Horticulturae, 373, 105-110.
- Vargas F, Romero M, Aleta N.(1985). Porte-greffe d'amandier. Aspects importants des programmes du Centre Agropecuari « Mas Bové ». Options Méditerranéenne, 1, 61-68.



## Le secteur oléicole dans le sud tunisien : entre préservation des ressources naturelles et productivité

Abichou Mounir\*, Msellem Monji , Ali Bouaicha

\*Institut de l'Olivier - Unité Spécialisée de Zarzis, Zarzis, Tunisie

Email : [abichoumounir@yahoo.fr](mailto:abichoumounir@yahoo.fr)

### RESUME

La culture de l'Olivier mérite un intérêt et un regain d'attention et une sérieuse reprise puisqu'elle est la mieux adaptée aux diversités pédoclimatiques. Elle répond aux besoins de reboisement et à lutte contre l'érosion et la désertification, la sédentarisation des populations paysannes et à la création des sources de revenus. En effet, cette plante rustique ayant permis de valoriser les milieux arides et semi arides, constitue pour les oléiculteurs un signe de richesse, et pour ces régions déshéritées au plan climatique (plus des deux tiers de la Tunisie) l'unique alternative culturelle viable. Elle joue ainsi un rôle écologique majeur dans la préservation de ces milieux d'une désertification certaine et dans la limitation de l'extension du Sahara. Cependant, l'aridité climatique et édaphique et la fragilité du milieu constituent une contrainte à la productivité du secteur oléicole. Mais vu les implications sociales, culturelles, économiques et écologiques, la culture demeure la spéculation irremplaçable.

Il y a ainsi nécessité de concilier le rôle environnemental joué par l'espèce pour une agriculture durable et l'aspect rentabilité de la culture. En effet, celle-ci ne devait pas être abordée seulement d'un point de vue strictement économique mais être également considérée sur le plan culturel, social et historique, comme partie intégrante du patrimoine national dans lesquels l'olivier joue un rôle fondamental. Ceci passe à travers la recherche d'un mode de conduite valable dont le but d'améliorer la productivité à travers un paquet technique et la valorisation des sous produits, de profiter du savoir faire local, d'assurer la durabilité du secteur, de limiter l'impact négatif des changements climatiques et de faire face à la rareté de l'eau.

Mots clés : secteur oléicole, préservation, productivité, Sud Tunisien.

### 1. INTRODUCTION

La culture de l'Olivier mérite un intérêt et un regain d'attention et une sérieuse reprise puisqu'elle est la mieux adaptée aux diversités pédoclimatiques. Elle répond aux besoins de reboisement et à lutte contre l'érosion et la désertification, la sédentarisation des populations paysannes et à la création des sources de revenus. En effet, cette plante rustique ayant permis de valoriser les milieux arides et semi arides, constitue pour les oléiculteurs un signe de richesse, et pour ces régions déshéritées au plan climatique (plus des deux tiers de la Tunisie) l'unique alternative culturelle viable. Elle joue ainsi un rôle écologique majeur dans la préservation de ces milieux d'une désertification certaine et dans la limitation de l'extension du Sahara. Cependant, l'aridité climatique et édaphique et la fragilité du milieu constituent une contrainte à la productivité du secteur oléicole. Mais vu les implications sociales, culturelles, économiques et écologiques, la culture demeure la spéculation irremplaçable.

Il y a ainsi nécessité de concilier le rôle environnemental joué par l'espèce pour une agriculture durable et l'aspect rentabilité de la culture. En effet, celle-ci ne devait pas être abordée seulement d'un point de vue strictement économique mais être également considérée sur le plan culturel, social et historique, comme partie intégrante du patrimoine national dans lesquels l'olivier joue un rôle fondamental.

Ceci passe à travers la recherche d'un mode de conduite valable dont le but d'améliorer la productivité à travers un paquet technique et la valorisation des sous produits, de profiter du savoir faire local, d'assurer la durabilité du secteur, de limiter l'impact négatif des changements climatiques et de faire face à la rareté de l'eau.

### 2. DIAGNOSTIC DU SECTEUR OLEICOLE DANS LE GOUVERNORAT DE MEDENINE

L'olivier occupe une place centrale dans le paysage agraire de la région mais aussi une importance économique, culturelle et sociale incontournable. La culture de l'olivier s'étend sur une superficie de 188 milles ha soit 82% de la SAU ( 230 milles ha) et 11 % de la surface oléicole nationale. Le

Gouvernorat compte actuellement 4 millions de pieds d'olivier soit 40% de l'effectif total de la région sud et 6% de l'effectif total du pays. La densité des plantations oscille entre 17 et 20 pieds/ha.

### **Historique**

La culture de l'olivier dans la région de Médenine a débuté dans la zone montagneuse depuis plus de quinze siècles selon une technique ancestrale très appropriée de terrasses (Jessours). Cette technique adaptée aux terres de piémont permet une meilleure mobilisation et valorisation des eaux de ruissellement par l'édification des Jessours et la plantation de l'olivier et le figuier en amont.

En 1901, le colon français a initié et encouragé la plantation des oliviers sur la plaine de Zarzis (actuellement OTD Chammakh). Ce nouveau modèle de système de conduite est basé sur les vocations pédoclimatiques de cette plaine et son aptitude pour la culture de l'olivier. La réussite de ce modèle a induit une adoption progressive et massive par les privés pour l'extension de cette culture jusqu'à nos jours. Etant très souvent la seule activité agricole praticable, elle constitue ainsi l'unique alternative à l'abandon et à la désertification.

De nombreux villages vivent pratiquement de l'oléiculture et rares sont les activités qui pourraient la remplacer. Cette culture y joue en effet une fonction sociale fondamentale puisque l'amélioration des conditions de vie de ces populations dépend en grande partie de l'amélioration de la productivité des oliveraies ou du développement des zones cultivées. Dans ces régions, l'oléiculture constitue la principale ressource des populations et occupe l'une des premières places, voire la première parfois, dans le revenu agricole d'un grand nombre de familles.

### ***L'olivier est considéré comme le moyen le plus accessible pour couvrir les nécessités croissantes en matières grasses pour la consommation ménagère.***

Au cours des dernières années, il y a eu intérêt intermittent vis à vis de l'olivier suite aux flambées des prix des olives et de l'huile d'olive au cours des dernières campagnes oléicoles. Il s'est soldé par un effort de création de nouvelles plantations et a été marqué par un rythme accentué.

**La production** moyenne annuelle enregistrée durant la dernière décennie (2000-2010) était de 50.000 tonnes d'olive soit une chute de 20.000 tonnes par rapport à la moyenne de production de la décennie (1990-2000) et ce, malgré les extensions de plantations. Le pic de production a atteint 150.000 tonnes durant la campagne 1990-1991, le minimum de la production est de 15000 T durant la campagne 2001-2002.

La production enregistrée autour de la dernière campagne (2012/2013) s'élève à 106000 T. Les niveaux de rendement par ha et par pied d'olivier demeure faible et varie d'une région à l'autre, la moyenne des rendements enregistré au cours de la dernière décennie est de 260 kg/ha soit 14 kg/pied. Les plus hauts niveaux de rendement sont issus des oliveraies de Zarzis (339 kg/ha) et BeniKhdache (218 kg/ha). Les plus faibles sont enregistrés à Djerba (forêt vieilles), Médenine et Ben Gardane (sols et climat inadaptés pour certaines zones d'extension comme El Hamada par exemple et la vieillesse du verger de Djerba).

***Ces rendements, malgré les progrès réalisés dans le domaine des techniques de culture, sont encore très limités et en deçà des potentialités réelles de la région.***

## **3. OLIVIER ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE GOUVERNORAT**

### **DE MEDENINE**

Depuis les années 1980, le climat aride tunisien ne cesse de montrer une évolution inquiétante. En comparaison avec la période étendue entre 1950 et 1980, la hausse des températures annuelles a excédé 1.5°C (Ben Rouina et al., 2009), alors que les moyennes de précipitations ont régressé d'au moins 30 mm/an et les épisodes de sécheresse d'une année et plus sont devenues nombreuses. En corollaire à ces deux phénomènes, l'évapotranspiration potentielle déjà excessive, se trouve majorée d'au moins 35 mm d'eau par degré Celsius ; ce qui rend l'atmosphère plus chaude et moins saturée en vapeur d'eau. En outre, les changements dans les régimes des précipitations vont se traduire par une baisse des volumes des eaux de surface mobilisées. De telles baisses vont se traduire par une sollicitation plus importante des eaux souterraines.

Les effets du réchauffement hivernal seraient les plus décisifs pour les cultures menées en pluvial en particulier pour l'olivier. En effet, une année de forte récolte suivie par un hiver doux au cours duquel les températures minimales restent autour de 10°C représente des conditions doublement défavorables à la mise à fleur et par conséquent, la production attendue ne peut être que dérisoire. Ces risques seraient plus probables dans la région où le stress est le plus fréquent (cas du sud tunisien) et l'impact de la succession des années sèches sera plus accentué dans le futur. L'augmentation anticipée des températures perturbera la physiologie des plantes et affectera leurs rendements. Dans cette région, à partir de l'isohyète 200 mm, la nature des sols est étroitement liée aux données géomorphologiques (collines, plateaux, dépressions et plaines littorales). Les sols les mieux appropriés pour les cultures (arbres fruitiers et oliviers) sont sableux à sablo limoneux et bénéficient des influences littorales ou des aménagements hydrauliques (petite hydraulique, jessours). La salinité, l'hydromorphie, la présence de croûtes gypseuses et calcaires, la mobilité des sables constituent les facteurs limitant pour le développement de l'agriculture pluviale.

En outre, tout changement du climat ne peut pas être sans effet sur les sols. Le changement de climat (faible variation de la pluviométrie moyenne, réchauffement généralisé, et variation des extrêmes assez marquée) augmentera le risque d'inondation, la fréquence des années sèches et de succession d'années sèches et perturbera les cycles culturaux actuellement observés. Sécheresses et inondations provoqueraient une dégradation plus accrue des sols.

Il convient de noter que les effets du changement climatique interviennent comme une pression additionnelle sur des sols connaissant des processus érosifs suffisamment avancés. En zone aride, le trait marquant des sols est la réduction du couvert végétal et la faiblesse du taux de la matière organique sur tout le profil du sol. Les sols sont donc sensibles aux divers types d'érosion particulièrement éolienne. Les effets du régime éolien très sévère auquel est soumise la zone et des sécheresses prolongées sont majorés par la texture sableuse à sablo limoneuse des sols. Tous ces facteurs font que l'érosion éolienne sévit d'une manière particulièrement accentuée dans les steppes sableuses.

Par ailleurs, la dégradation des terres en raison de perte de terre arable est un problème important dans les terres squelettiques quand les pratiques agricoles inadaptées sont appliquées. Par ailleurs, nous assistons à l'extension sur des terres réservées au pâturage amplifiée par l'usage abusif des techniques de travail du sol telles que le labour conventionnel qui se base sur des passages fréquents durant toute l'année. Les impacts directs de la pression exercée par l'homme comme les pratiques non adaptées, le morcellement des terres et la surexploitation des ressources naturelles constituent les dangers les plus importants pour la durabilité de l'agriculture dans les régions pauvres. Il est certain que la dégradation des écosystèmes sera plus accélérée par des conditions réduites moins favorables par le changement climatique.

#### **4. AXES D'INTERVENTION : PROPOSITIONS DE SOLUTIONS FUTURES**

##### **- Stratégie de développement oléicole dans la région**

La région de Médenine est l'une des zones défavorisées de la Tunisie, confrontée à plusieurs difficultés pour réussir un développement agricole, cela dû principalement au tarissement du sol et au manque de pluie, sachant que 90% de ressources en eaux sont destinées à l'eau potable. L'agriculture, dominée par l'olivier, conduite en pluvial se caractérise par une forte présence d'exploitations de petites dimensions, ayant généralement des marges de rentabilité très faibles et étant donc particulièrement vulnérables aux variations annuelles de la production suite aux variations climatiques.

Le développement durable de ce secteur stratégique dans la région de part surtout son rôle écologique et environnemental dans les conditions assez restrictives au plan de l'exploitation des ressources édapho-climatiques est d'une difficulté notoire. Cependant la réalisation du défi de compétitivité est bien possible, mais à condition que les différents opérateurs de la filière soient en mesure d'innover afin de régulariser la production et produire au moindre coût en valorisant simultanément le produit et les sous produits tout en tenant en compte des particularités locales.

A court et moyen terme, les manœuvres d'intervention sont limitées suite aux contraintes naturelles majeures : Il ne faut pas véhiculer des objectifs de croissance majeure, dans un milieu où les récoltes sont irrégulières, parfois aléatoires et où les ressources naturelles et humaines restent limitées. La possibilité d'extension est minime car il n'existe plus de terres valables pour la culture de l'olivier. Il

faut que le projet focalise en première étape sur l'oléiveraie et l'amélioration du potentiel oléicole existant par la restructuration de vieilles oliviers, l'amélioration des techniques culturales, la valorisation des ressources génétique locale, la mécanisation et la valorisation des sous-produits. En deuxième étape il doit s'orienter vers qualité du produit fini et l'organisation professionnelle.

### **Amélioration de l'itinéraire technique**

Les mesures d'accompagnement proposées pour le développement alternatif sont basés sur la mise en place d'une économie de qualité qui est supposée se fonder sur l'utilisation durable des ressources naturelles et humaines de la région, promouvoir une perspective à long terme et tendre vers une stabilité économique basée sur l'efficacité, la diversité et l'équité. Elle sont douces envers la nature et les gens, respectent les connaissances et les cultures traditionnelles et apportent une valeur ajoutée aux populations. Il s'agit de:

Améliorer les techniques d'entretien du verger, de récolte, de stockage et de transformation de la matière première

Chercher la maîtrise de la qualité qui passe par la maîtrise des opérations de production et de transformation

Spécialiser les ressources humaines sur les choses qu'on sait faire

Il est ainsi primordial de maintenir la culture là où les conditions du milieu l'ayant permise, notamment avec les changements climatiques qui s'accroissent pour un milieu déjà déshérité, n'encourager l'extension des plantations oléicoles seulement dans les zones favorables et favoriser les plantations mixtes afin de répartir les risques agricoles et stabiliser ainsi les revenus des oléiculteurs. L'amélioration de la productivité peut être garantie là où les conditions plus avantageuses ne sont pas encore mises à profit. Il y a lieu de prendre des mesures techniques adaptées pour améliorer la productivité en vue de compenser l'évolution à la hausse des coûts de production et sa répercussion sur le prix du produit. Le paquet technique permettant cette amélioration de la productivité concernera spécialement les techniques culturales de travail du sol et la taille. Il peut être ajouté la fertilisation sous la forme des sous produits de l'exploitation, c'est-à-dire les déchets verts résultant de la taille et les résidus des moulins à huile (grignon et / ou margines).

Outre l'amélioration de la productivité, tel itinéraire technique permettra de tendre à régulariser la production afin de garantir la continuité requise dans l'offre et par conséquent la présence sur le marché. Aussi, il y a lieu d'œuvrer à l'adéquation entre la capacité de production et la capacité de trituration au niveau des localités en rapprochant les huileries des zones de production.

### **Surmonter les effets des changements climatiques :**

Les effets des changements climatiques sont amplifiés par la pauvreté des sols en matière organique. En effet, en l'absence de tout apport extérieur, l'exploitation d'une oliveraie se traduit par un appauvrissement progressif du sol en éléments nutritifs nécessaires à la production des olives et à la biomasse des arbres.

Des mesures d'adaptation à ces changements climatiques doivent être menées telles que:

- L'épandage des margines qui pourrait contribuer à restaurer le niveau de la matière organique des sols et donc à diminuer l'instabilité de la structure et à améliorer d'une manière hautement significative l'intensité de l'activité biologique et d'atténuer l'effet de l'érosion éolienne.

- Introduction du figuier (*Ficus carica L.*) dans le système oléicole des zones arides : un moyen de protection de l'environnement et d'amélioration de la productivité et par conséquent l'amélioration de la revenu de l'agriculteur.

Utilisation de la variété Chemlali qui est une variété très rustique et qui a montré une haute résistance à la sécheresse grâce à son système racinaire bien développé, mais malheureusement sa production est faible et sa qualité d'huile est moyenne d'où l'importance de l'utiliser comme porte greffe pour d'autres variétés qui sont performantes sur le plan agronomique et technologique telles que la variété Chétoui.

Importance de la culture de l'olivier en tant que capteur du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Une augmentation de 10 % de la biomasse au niveau mondial pourrait permettre de fixer jusqu'à 23 % du CO<sub>2</sub> atmosphérique annuel D'où l'importance d'adopter un modèle d'agriculture plus durable et plus respectueux de l'environnement.

D'où l'importance d'adopter un modèle d'agriculture plus durable et plus respectueux de l'environnement.

### **- Appui aux initiatives génératrices de revenu et promotion des activités visant la diversification des revenus et le bien être des populations rurales**

Le secteur oléicole ne pourrait pas à lui seul résoudre tous les problèmes de marginalisation et de pauvreté. Des alternatives viables et crédibles peuvent être proposées aux populations usagères. Les actions protégées concernant:

\* L'appui aux initiatives génératrices de revenu par la création de micro-entreprises, notamment par les jeunes diplômés chômeurs en apportant de nouveaux outils de compétitivité et d'innovations capables de produire des huiles de bonne qualité sur les lieux de production et en réduisant les coûts et les effets de la récolte, du transport et de stockage des olives. La labellisation du produit local peut aussi constituer un levier pour donner une valeur ajoutée au produit local.

\* La constitution de groupements professionnels ou d'entreprises de service, la formation et l'octroi de micro-crédits.

### **Projet d'unité mobile de trituration :**

La mise en place d'unités mobiles de trituration des olives adaptées aux réalités des localités rurales devrait permettre la réhabilitation de la filière oléicole dans les zones enclavées et le développement d'entreprises rurales innovantes qui vont générer des postes d'emploi pour les jeunes diplômés.

La conception des unités mobiles est basée sur le principe de la mobilité et de la proximité. Le principe part de l'idée de la moissonneuse batteuse.

Concrètement, l'idée est que c'est la machine qui va vers le fruit et non l'inverse car la qualité dépend du temps passé entre la cueillette et la trituration. Il ne faut pas qu'elle dépasse les 24 heures.

Sur le marché international, deux modèles sont disponibles de fabrication marocaine :

Unité mobile sur roues

Plate forme transportable en monobloc.

Cette unité de trituration devrait réduire la durée de stockage des olives et la fréquence de broyage des olives 2h au lieu d'une semaine parfois plus au niveau des unités éloignées ce qui incitera les fermiers à cueillir les fruits à temps et contribuera à l'amélioration de la qualité du produit, du rendement de l'environnement écologique des oliveraies.

### **Valorisation du produit oléicole de la région : Labellisation**

Bien que la région dispose d'un patrimoine oléicole très important, celle-ci ne bénéficie d'aucune identité, permettant de distinguer son produit, et par conséquent, faciliter l'écoulement de la production à des conditions satisfaisantes et rémunératrices. Les producteurs oléicoles pourront ainsi revendiquer la notion d'origine.

Les plantations traditionnelles comportent la valeur écologique et paysagère la plus élevée. Par leur mode de gestion généralement extensif, avec un recours minimal aux intrants externes à l'exploitation, elles ne portent pas préjudice mais plutôt enrichissent les écosystèmes concernés.

Conscient du rôle que peut jouer la mise en place du label indication géographique, en tant que levier pour la mise à niveau de la filière oléicole, le projet, par le biais notamment des groupements ou associations à créer, peut engager une démarche de qualification des produits issus de l'olive, aussi bien les conserves d'olive que les huiles d'olive.

Il pourra être mis en place une stratégie pour assurer le développement et la pérennité de la filière oléicole dans la région des *jessours*. L'objectif de cette stratégie est de structurer l'offre de la région en mettant en œuvre un plan marketing cohérent, véhiculant une identité propre à *'Olive des jessours*.

Cette stratégie peut se baser que la production oléicole dans la région des jessours est respectueuse de l'environnement bien que le caractère extensif constitue souvent un handicap relatif en termes de production et de productivité. Mais il est cependant possible de faire de ce handicap un atout dans la mesure où le système de production peut être considéré comme respectueux de l'environnement en regard des oliveraies intensives.

Ce thème de productions propres est un thème très porteur aujourd'hui auprès des consommateurs des pays industrialisés de plus en plus soucieux de leur santé et de la préservation de l'environnement.

L'huile d'olive, surtout l'huile d'olive vierge, possède l'image d'un produit entièrement naturel 'un jus de fruit'. Cette image pourrait être renforcée pour l'huile d'olive des jessours par une image de produit naturel, sain et qui a été produit dans le restant de la nature. Cela peut constituer un thème fort de différenciation par rapport à la concurrence.

En outre, le positionnement du produit des jessours, essaiera de faire parler le patrimoine naturel et culturel de la zone à travers ses olives.

Ce sont "Les olives vraies qui parlent des Jessours : le positionnement choisi sera basé sur le modèle de Marketing de Terroir, et d'efficacité.

Il les nourrit de cette valeur ajoutée naturelle et culturelle qu'est l'identité naturelle, culturelle et historique. Il renforce et formalise l'esprit de famille autour d'un esprit d'origine, ça sera la stratégie du réseau pour valoriser ses différents produits oléicoles. Les produits s'affirmeront sous le message "*les Olives des Jessours Saveurs et Origines*". Cette stratégie confortera l'image des Olives au travers de ses terroirs, sa culture, son patrimoine, son histoire, sa gastronomie.

Par ailleurs, un autre atout est l'existence d'un savoir faire local ancestral, notamment, en matière de préparations riches et diversifiées des olives de table à partir des variétés autochtones notamment la variété Zarrazi connue pour ses qualités organoleptiques, et qui est très prisée aussi bien sur le marché local que régional.

***L'ensemble des recommandations de cette stratégie, fera l'objet d'un cahier de charge afin de garantir la régularité de la qualité du produit.***

#### **Huiles biologiques et Oléo tourisme : Une niche porteuse**

L'olivier constitue un élément culturel majeur avec un rôle qui dépasse celui de la simple spéculation agricole. Il est en effet à l'origine de toute une série de manifestations sociales et culturelles liées à la gastronomie, le tourisme, l'artisanat, voire aux traditions des populations concernées. L'oléiculture y présente la caractéristique d'être pratiquée dans des contextes de production très diversifiés (montagne, plaines, jessours) et à travers des signes distinctifs d'origine et de qualité.

La zone de Benikhdache disposant d'un paysage naturel exceptionnel qui draine des visiteurs potentiels tunisiens et étrangers pouvant être intéressés par l'huile d'olive, la visite d'oliveraies, d'huileries traditionnelles et participer aux manifestations intéressant le secteur et ses produits. C'est une nouvelle niche d'investissement pour les oléiculteurs et les oléifacteurs et les paysans dans un futur proche. Cette activité peut acquérir un poids vital. Les huileries berbères, ethnologiques peuvent constituer une attraction importante pour les touristes en quête d'exotisme.

Une part importante de l'oliveraie s'apprête parfaitement au mode Biologique de production avec le non recours des agriculteurs à l'usage des produits chimiques pour la conduite et l'entretien de leur plantation.

La qualité de la production oléicole est intrinsèquement supérieure pouvant facilement être valorisée à travers l'instauration d'un système de production sauvegardant cette qualité et la valorisant par l'accroissement de sa valeur ajoutée et la promotion de son image de marque auprès des consommateurs par le recours notamment aux techniques de marketing pour les produits de haute gamme.

Ainsi, le projet pourra promouvoir la production d'huile d'olive biologique et des huiles d'olive portant d'autres signes de qualité et d'origine. Le potentiel génétique autochtone est souvent peu ou mal connu dans ses détails (potentialités et performances), son exploitation passe inéluctablement par la connaissance du matériel végétal local. Ainsi, la valorisation des variétés locales s'impose en raison de leur adaptation et rusticité prouvées (compte tenu des spécificités régionales et locales). Ce patrimoine variétal pourra être mis en valeur car cette richesse qualitative intrinsèque est capable de valoriser les terroirs et niches et de présenter au marché des produits de qualité spécifique. La richesse variétale le prédisposant à une rentabilité meilleure, doit être envisagée et planifiée avec la rigueur qu'exige la situation dans le cadre d'une stratégie dynamique faisant participer tous les acteurs et bénéficiaires.

En outre, les qualités et les prix de vente de l'huile d'olive commercialisée sur le marché local peuvent être diversifiées en multipliant les campagnes de propagandes faisant connaître l'intérêt nutritif que représente l'huile d'olive pour la santé humaine. Une telle mesure pourrait corriger la

tendance des ménages vers la consommation des huiles de graines et les encourager à consommer l'huile d'olive.

### **Proposition pour la valorisation des sous produits**

La vision adoptée pour la valorisation des sous produits part d'une problématique claire :

Des sous produits en abondance générée tous les ans

D'un état de fait : ces sous produits sont utilisés très partiellement à l'heure actuelle (alimentation du bétail notamment partielle tous les ans mais presque unique en année de disette

D'un objectif : Créer des postes d'emploi pour les jeunes.

Les sous produits de l'olivier (bois de taille, brindilles et grignons) sont jusque là négligés et très faiblement valorisés/rémunérés alors qu'ils pourraient constituer une source supplémentaire de revenus aussi bien pour les oléiculteurs que pour les jeunes sans emploi (hommes et femmes).

La transformation industrielle des feuilles, des brindilles, des grignons permettant la production de blocs alimentaires pour le bétail et de fertilisants (en l'état ou sous forme de compost) est à promouvoir.

Les résidus de la taille ou biomasse lignocellulosique ont des applications nombreuses. Traditionnellement utilisées dans l'alimentation animale et/ou comme combustible, ils peuvent servir de nos jours à la fabrication du compost ou constituer la matière première dans l'industrie du bois ou la fabrication du meuble. Les déchets de bois, les brindilles refusées par le cheptel et le bois constituent toujours chez les populations rurales une source bioénergétique comblant en partie leurs besoins quotidiens. Une grande quantité est consacrée à la préparation du thé et le chicha.

Les huileries à leur tour produisent un certain nombre de sous-produits comme résultat de l'extraction de l'huile (margines et mélange margines/grignons). Leur composition est très variable. Le problème principal que se pose pour la conservation des grignons bruts est leur teneur relativement élevée en eau et la présence d'une quantité encore importante de matières grasses. Ces grignons abandonnés à l'air libre rancissent rapidement et deviennent vite inconsommables par les animaux.

Une manière de les recycler consiste à les composter avec d'autres résidus végétaux (comme par exemple les résidus de la taille). D'où l'intérêt de combiner ces sous produits après broyage pour le conserver par ensilage humide qui est une technique, plus économique et plus efficace en utilisant la méthode des silos-taupinières qui permet de stocker des quantités très variables de quelques tonnes à plusieurs centaines de tonnes.

Les difficultés inhérentes à la collecte des sous produits de la taille peuvent inciter le recours à la mécanisation de la collecte en vue de leur exploitation grâce à des broyeurs de brindilles (hacheuses).

On pourra produire aussi du charbon à partir du bois au moyen de la terre buttée 'Mardouma'. Cet usage se raréfie et peut être repris car il peut offrir des sources d'emploi et valorise bien les sous produits.

Enfin, La biomasse peut fournir une source d'énergie propre, renouvelable qui peut avoir les mêmes propriétés que celle de l'énergie conventionnelle provenant des carburants fossiles et améliorer considérablement l'environnement. En outre, la bioénergie ne contribue pas aux changements climatiques à travers l'émission vers l'atmosphère de dioxyde de carbone. Les sous produits peuvent être utilisés pour la production de briquettes de grignons d'olives et de noyaux d'olives ou bien la production de charbon à partir du grignon d'olives. Les produits obtenus suite la technologie de compactage sous pression et à chaud qui thermoforme les grignons en buches compactes facilement maniables et à fort rendement calorifique vu la présence de résidus huileux. Telles buches peuvent être exportées pour être utilisées dans les cheminées domestiques ou dans les poêles pour combustion. Tel projet nécessite un encadrement technique de la part des centres techniques et le pôle technologique de Médenine pour aider les jeunes promoteurs à partir du bon pied et éviter des erreurs techniques de fond.

### **Proposition pour la création d'une entité de services : LEVIER DU DEVELOPPEMENT LOCAL :**

Le principal mécanisme pour impliquer les jeunes diplômés dans la définition des solutions en matière de gestion des ressources naturelles sera la création de sociétés ou coopératives de services qui permettront de mettre à la disposition des oléiculteurs et agriculteurs en général un certain nombre

d'engins et petit équipement sous forme d'activités payantes. Ceci est de nature à créer de l'emploi, d'éviter aux petits exploitants l'acquisition d'équipement ou outils à faible usage dans l'année et de rendre services aux agriculteurs en leur offrant l'activité à temps et de fournir l'information technique nécessaire.

Le but de créer une structure (société, coopérative, groupement) de services agricoles est de mettre à la disposition des producteurs (oléiculteurs) les moyens pour entretenir leurs vergers afin d'améliorer leur productivité notamment dans les zones enclavées. Les moyens nécessaires dont auront besoin les oléiculteurs dans la région concernent le travail du sol (charrue à dents : cultivateurs, Mhachas), les outils de taille (scie et tronçonneuse), les accessoires de cueillette (filets, caisses, peignes manuelles et vibrantes, échelle), broyeurs de bois de taille, broyeurs et mélangeurs de sous produits d'olivier. La mise à disposition de ces outils de production doit être bénéfique aux oléiculteurs pour résoudre des problèmes liés à la sous utilisation du matériel mécanique dans l'itinéraire technique. La création d'une telle structure doit être précédée par une campagne de sensibilisation de la part des structures d'encadrement (CTV et CRA).

Pour le cas spécifique de Benikhdache, l'entité de service permettra de :

- Faciliter l'accès aux Jessours par l'ouverture des pistes de montagne
- Introduire des tracteurs de petite taille
- Encourager à accorder aux SMSA pour la mécanisation et les services
- Promouvoir des investissements agricoles dans les secteurs des services pour toutes les catégories de promoteurs
- Intégrer ce service avec le transport et la commercialisation du bois de taille
- Réduire le coût du labour par pied d'olivier : traction animale (2.5 TND) ; mécanique (1.5 TND)

## 5. CONCLUSION

Les développements alternatifs proposés visent de redresser voir annuler les contraintes qui handicapent le développement de la filière et valoriser au mieux les ressources disponibles et les opportunités offertes. Elles intéressent l'ensemble des maillons, depuis la production, la transformation et la valorisation des sous produits de l'olivier, ce qui permettra d'une part l'accroissement de la productivité et ainsi l'augmentation de la valeur ajoutée sur les lieux de production et d'autre part l'élimination des contraintes liées à la mauvaise gestion au sein des petites exploitations et unités de trituration notamment la qualification des agriculteurs, la cueillette, le mode de transport des olives, le stockage sur les lieux de production et au niveau des unités de trituration, le mode de trituration les conditions d'hygiène et la labellisation etc..

## Effets à long terme de la salinité conjuguée aux effets du changement climatique sur une culture du blé dur

Mlaouhi Saida<sup>1</sup>, Boujelben Abdelhamid<sup>2</sup>, Elloumi Mohamed<sup>1</sup>, Hchicha Mohamed<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Tunis, Tunisie

<sup>2</sup>Institut Supérieur Agronomique de Chott Meriem, Sousse, Tunisie

<sup>3</sup>Institut National de la Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts, Tunis, Tunisie

### RESUME

Le présent travail s'inscrit dans un cadre global d'une agriculture durable et de préservation de l'environnement. On a adopté une approche bio économique pour étudier les effets à long terme, de la salinité des eaux usées traitées, conjugués aux effets du changement climatique sur une culture du blé dur dans un périmètre public irrigué situé dans la basse vallée de la Medjerda. En effet, une enquête a porté sur 83 exploitations situées dans le périmètre en question. Ces exploitations ont été classées en 6 groupes capitalisant le maximum d'éléments de ressemblance à l'aide d'un outil statistique. Pour simplifier le travail, on a choisi six exploitations appartenant chacune à un groupe. On a construit des modèles biophysiques individuels relatifs à la culture du blé dur pour deux exploitations types. Les résultats ont fait ressortir que les moyennes des rendements de cette culture subiront une baisse qui pourra atteindre à long terme sous l'effet de la salinité 0.22 tonnes/ha pour l'exploitation type EXP11 et 0.68 tonnes/ha pour l'exploitation type EXP48. Conjugué à une éventuelle hausse de la température de 1 degré et 2 degrés Celsius, les baisses pourront atteindre respectivement 1.1 et 1.9 tonnes/ha. Quant à la salinité, elle subira une hausse qui pourra atteindre 3.1 dS/m selon les profils et les exploitations. Cependant, en adoptant quatre scénarios d'irrigation complémentaire, on a pu déterminer ceux qui amélioreront les rendements du blé dur, avec une moyenne qui pourra atteindre 3.9 tonnes/ha et qui réduiront la salinité du sol pour se situer entre 1.6 et 2.3 dS/m.

**Mots clés:** changement climatique, salinité, Irrigation, modélisation biophysique, simulation.

### 1. INTRODUCTION

La progression de la production alimentaire pour satisfaire les besoins colossaux en nourriture de la population, d'ici 2050, ne pourrait être obtenue que par le développement de l'irrigation qui assure aujourd'hui 40% de la production vivrière du monde et la multiplication du rendement par 2 à 4 (IRD, 2012). En Tunisie, le développement des périmètres irrigués est une priorité. Mais, plus de 70 % des terres sont irriguées avec une eau de salinité supérieure à 1,5g/l, ce qui a entraîné la dégradation des terres par la salinisation. 30% des terres irriguées sont affectés. Certains périmètres irrigués ont dû être totalement abandonnés (CIHEAM, 2005). C'est donc une vraie menace pour les prochaines décennies. Sur un volume de 169 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées traitées (EUT) collectés et pour lesquels l'Etat Tunisien a beaucoup investis, seulement 35 millions de m<sup>3</sup>, ont été réutilisés pour l'irrigation contre un objectif de 100 millions de m<sup>3</sup> (Neubert et Ben Abdallah, 2003). Le périmètre public de Cebala situé dans la basse vallée de la Medjerda, a été aménagé pour intensifier la production des exploitations agricoles par la réutilisation des EUT. Cependant, le taux d'intensification n'a pas dépassé 48% depuis 1995/96 (CRDA de l'Ariana, 2005). En outre, les EUT, réutilisées pour l'irrigation ont souvent une charge en sel allant de 3 à 4 g/l. Il faut donc s'attendre à des pertes des rendements qui vont se répercuter sur les revenus des agriculteurs en plus du risque d'un excès de salinisation des sols (Neubert et Ben Abdallah, 2003). Ce travail s'inscrit dans le cadre global de préservation de l'environnement (Vermersch, 2001), et de conduite d'une agriculture durable. Il vise donc à déterminer le seuil optimum technique et économique de la Réutilisation des EUT, qui à long terme, préserverait la fertilité du sol et évite sa salinisation. Pour cela, nous avons adopté un modèle biophysique, le "CropSyst" (Stöckle et al., 1994; Stöckle et al., 2003). Après calibrage et validation, il a autorisé des simulations à long terme. Ces simulations ont permis d'étudier la réponse de la culture du blé dur et l'impact du changement climatique sur les rendements de cette culture et la salinité du sol.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Collecte des données et enquêtes

Nous avons collecté des données pédologiques et climatiques du périmètre Cebala. Ces données ont concerné la température minimale et maximale, la pluviométrie, la vitesse du vent, l'humidité relative minimale et maximale ainsi que la radiation solaire de 26 années de 1983 à 2008, le degré de salinité et la texture du sol, la qualité de l'eau utilisée. D'autres informations collectées ont concerné l'historique des exploitations, leurs identifications, leurs systèmes de production et d'irrigation, les cultures installées, la taille des troupeaux bovin et/ou ovins s'il y a lieu.

### 2.2. Choix des exploitations types

Les exploitations enquêtées sont au nombre de 83 et de taille allant de 1 à 170 ha. Elles présentent toutes la caractéristique d'être irriguées avec des eaux usées traitées. En se basant sur certains critères de discrimination retenus des exploitations enquêtées et à l'aide d'un outil statistique permettant une analyse en composante principale "ACP" (Philippeau, 1986), nous avons pu reproduire une image composite (Perrot et al, 1993) que l'on essaie de décrire en termes de pôles d'agrégation aussi nettement différenciés que possible. Cette analyse a été utilisée pour identifier des classes d'agriculteurs selon des axes de tendance (Hanafi et al., 2007). Elle nous a permis d'isoler 6 groupes distincts d'exploitations, capitalisant le maximum d'éléments de ressemblance et de choisir 6 exploitations types (*EXP 6, EXP11, EXP20, EXP26, EXP48 et EXP64*). Ce choix a été renforcé par le critère "type de sol" auquel appartient chaque exploitation type. Les exploitations retenues pour cette étude dotées de leurs caractéristiques, ainsi que les quantités d'eau appliquées initialement pour irriguer le blé dur sont regroupées dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Caractéristiques des exploitations types retenues

Exploitations <sup>(1)</sup>	EXP6	EXP11	EXP20	EXP26	EXP48	EXP64
Type de sol	SO22	SO26	SO11	SO15	SO35	SO19
Texture	Limon/sable	Argile / limon	Sableux	Sable/argile	Limon/argile	sable/Limon
Salinité du sol (dS/m) <sup>(2)</sup>	0.7 à 1.2	à 17.6	0.4 à 0.7	0.7 à 9	0.4 à 1.3	à 8.4
Quantités d'eau (m <sup>3</sup> ) <sup>(3)</sup>		1000			1000	

1 : Exploitation type

2 : Salinité initiale de chaque exploitation type variant dans les profils

3 : Quantités d'eau d'irrigation appliquées par chaque exploitation pour irriguer le blé dur

En association avec d'autres cultures, le blé dur est pratiqué par deux exploitations types (*EXP11, EXP48*) sur six. De ce fait, le travail de modélisation la culture du blé dur. On a construit un modèle de culture (blé dur) de base par exploitation type tenant compte des conditions afférentes à chaque exploitation afin d'établir les simulations à long terme.

### 2.3. Utilisation du modèle agronomique

Pour nos simulations nous avons choisi "CropSyst" qui est le fruit des recherches continues du département de génie rural de l'Université de l'Etat de Washington et qui a été employé pour l'évaluation des différents systèmes de production agricole. Il est capable de simuler plusieurs cultures, pendant plusieurs années consécutives et permet d'établir la relation entre inputs-outputs en ce qui concerne la production végétale, pour estimer les résultats de diverses techniques culturales, pour mesurer la dégradation des ressources naturelles, notamment les ressources en eau et en sol, et l'évaluation de l'impact de différentes politiques agricoles sur les résultats techniques. Il a été utilisé et validé pour les régions semi-arides, notamment la basse vallée de la Medjerda (Mlaouhi, 2002; Belhouchette, 2004 ; Abbas 2005, Mlaouhi et al., 2012, Mlaouhi et al., 2013). En effet, nous avons introduit les données relatives à la localisation, au climat de la région, à la granulométrie et la salinité de départ des deux types de sols relatifs aux exploitations cultivant le blé dur et aux paramètres physiologiques de la culture, ainsi que la description du système d'assolement et les quantités d'eau d'irrigation et d'engrais appliquées par les agriculteurs. Ces données sont nécessaires pour faire

interagir entre eux, les modules intégrés dans "Cropsyst" (Module "localisation et climat", Module "sol", Module "salinité", Module "culture").

### 2.3.1. Principe de base du fonctionnement du modèle agronomique

En général, la croissance de la culture passe par plusieurs phases successives de développement constituant un cycle dépendant des facteurs génétiques, édaphiques et environnementaux. Pendant chacune de ces phases les facteurs limitant (déficit hydrique, salinité, nutrition azotée etc.) interviennent en tant que fonctions réductrices selon la loi du minimum établie par Justus Von Liebig en 1840. Cette loi est traduite par la non-substituabilité entre les inputs agricoles (eau, salinité, doses azotée etc.) quelque soit les doses appliquées (Ackello-Ogutu et al, 1985; Frank et al, 1990; Berck et Helfand, 1990; Paris, 1992; Berck et al, 2000). Partant de l'hypothèse de non substituabilité entre les inputs, la fonction de production de Von Liebig, représentée par exemple pour l'eau (E) et l'azote (N),  $\beta$  et  $u$  des constantes à déterminer, prend la forme suivante:

$$Y_i = \min [Y^*, (\beta_1 + \beta_2 E_i + u_{Ei}), (\beta_3 + \beta_4 N_i + u_{Ni})]$$

Cette fonction implique que la plante répond d'une manière linéaire uniquement au facteur le plus limitant. Après un certain niveau d'apport d'eau ( $E^*$ ) et d'azote ( $N^*$ ), la culture ne répond plus à des apports supplémentaires et le rendement maximal ( $Y^*$ ) est atteint (Belhouchette, 2004 et Abbes, 2005). Plus tard, certains agronomes, croyant en un certain niveau de substituabilité entre les inputs à des faibles doses d'application, ont développé d'autres formes fonctionnelles telles que les:

- Von Liebig non-linéaire:  $Y_i = \min [Y^*(1 - k_E e^{-\beta E_i}), Y^*(1 - k_N e^{-\beta N_i})] + u_i$
- Mitscherlich-Baule:  $Y_i = Y^*(1 - k_E e^{-\beta E_i}) \times (1 - k_N e^{-\beta N_i}) + u_i$

Les fonctions de type «Liebig» supposent que nous connaissons déjà la forme mathématique de la fonction (quadratique, logarithmique, exponentielle...). Dans la réalité, au-delà de deux facteurs, il est très difficile de trouver la forme la plus adéquate de la fonction de réponse. Dans ce travail nous avons besoin de fonctions ayant des formes encore plus complexes que celles mentionnées plus-haut. L'approche économétrique, issues de la convergence de l'inférence statistique et de la théorie économique standard, présente des limites pour traiter les rapports complexes qu'entretient l'agriculture avec l'environnement naturel d'une part et le milieu économique d'autre part (Boussard, 1987; Flichman, 1997). Ces limites nous ont conduits à adopter une autre approche plus originale, utilisant des fonctions de production d'ingénieur obtenues par des simulations à travers le modèle biophysique ou agronomique "Cropsyst". Pour cette raison, il est donc utilisé pour déterminer la forme la plus adéquate de la fonction de réponse de la culture du blé dur tenant compte de ses conditions environnantes.

### 2.4. Génération de données climatiques avec et sans changement climatique

A partir des données réelles relatives à la localisation du périmètre et au climat pour une période de 26 années de 1983 à 2008, nous avons généré à l'aide d'un sous programme "ClimGen" dans "Cropsyst", des données climatiques pour une trentaine d'années (2011 à 2040). De même, partant du fait que le changement climatique, conjugué à d'autres facteurs environnants, pourrait modifier dans le futur les conditions de culture du blé dur, on a généré des données climatiques pour la même période en adoptant deux scénarios respectifs d'augmentation de la température de 1 et 2 degrés Celsius.

### 2.5. Simulation à long terme

Dans une première étape, on a construit un modèle de culture ou de base pour chaque exploitation type, en tenant compte des données y afférentes collectées à travers une enquête réalisée en 2008, et des conditions environnantes des exploitations. Ces données ont servi aussi comme référence pour le calibrage du modèle de base. Une fois calibrés ces modèles ont été utilisés pour les simulations (Anderson, 1968 et Csaki, 1985) en gardant les mêmes techniques culturales adoptées par les agriculteurs et en utilisant les données climatiques générées de 2011 à 2040 avec et sans changement climatique. On a étudié le comportement des différents sols et la réponse de la culture du blé dur à

long terme et l'impact du changement climatique sur les rendements de cette culture et la salinité du sol. En deuxième lieu, on a adopté quatre scénarios d'irrigation qui consistent à augmenter les doses d'irrigations initiales respectivement de 20%, 40%, 60% et 100% pour étudier les effets sur la salinité des sols et les rendements de la culture.

Les scénarios adoptés pour cette étude sont détaillés comme suit :

- SC1 = Situation initiale (quantités d'eau initialement appliquées par chaque exploitation)
- SC2 = Situation initiale + augmentation de la température de 1 degré C
- SC3 = Situation initiale + augmentation de la température de 2 degré C
- SC4 = Situation initiale + augmentation de l'irrigation de 20%
- SC5 = Situation initiale + augmentation de l'irrigation de 40%
- SC6 = Situation initiale + augmentation de l'irrigation de 60%
- SC7 = Situation initiale + augmentation de l'irrigation de 100%

### 3-RESULTATS

Les résultats relatifs aux moyennes des rendements de la culture du blé dur des deux exploitations en fonction de la salinité et du changement climatique, ainsi que leurs évolutions en fonction des scénarios d'irrigation durant trente années (2011-2040) sont représentés par la figure 1.

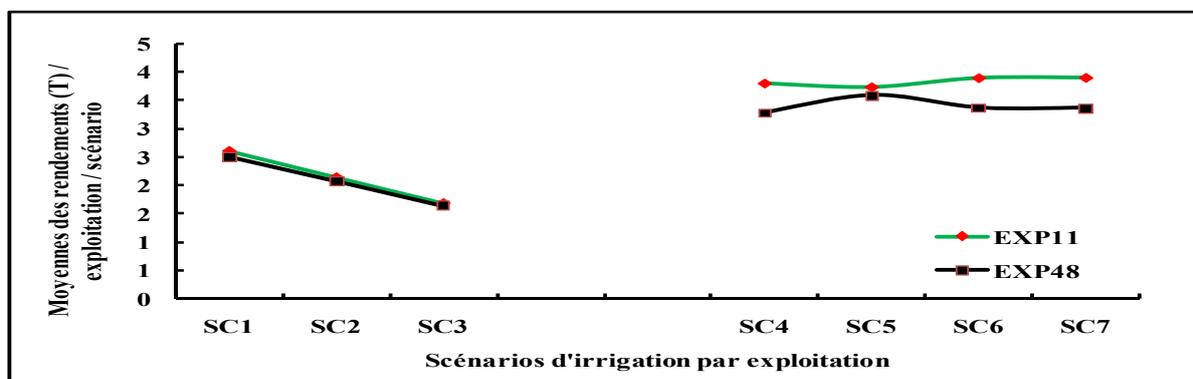


Figure 1. Moyennes des rendements du blé dur par scénario d'irrigation et par exploitation

La figure 2 représente les résultats relatifs au comportement des sols des deux exploitations types occupés par la culture du blé dur et l'évolution des moyennes de la salinité de chaque sol par profil en fonction du changement climatique et des scénarios d'irrigation, durant la même période.

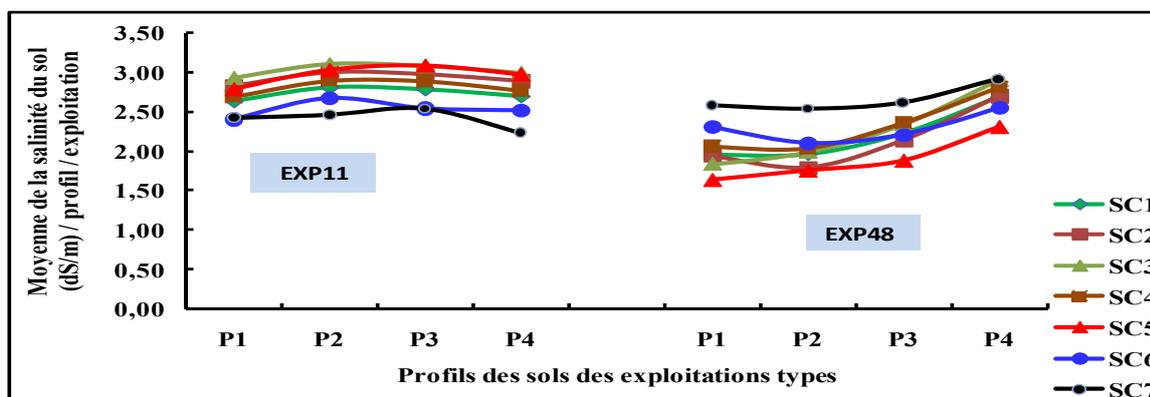


Figure 2. Moyenne de la salinité des sols par profil par scénario d'irrigation et par exploitation

### 4-DISCUSSION

Les moyennes des rendements du blé dur subiront des baisses sous l'effet de la salinité. Ces baisses sont accentuées par l'élévation de la température de 1 et 2 degré C jusqu'à atteindre 0.97 tonnes/ha (Figure 1). Elles seront redressées par une irrigation complémentaire. L'augmentation des moyennes

des rendements pourra atteindre 1.3 tonnes/ha. Les moyennes de la salinité des deux sols (Figure 2) subiront une augmentation variable selon les exploitations et les profils du sol. Accentuée par le changement climatique cette augmentation pourra atteindre 3.1 dS/m en profondeur. Cependant, avec une irrigation supplémentaire le sel migre en profondeur au-delà du profil P4 sous l'effet de l'irrigation par transport convectif (Lahlou et al, 2000) par l'eau qui percole. On assiste à une réduction de la moyenne de la salinité du sol pour se situer entre 1.6 dS/m à 2.3 dS/m selon les profils et les sols. La variation est liée au comportement de chaque sol en fonction de sa structure (Badraoui et al, 1998), des conditions environnantes et des volumes d'eau initiaux appliqués par chaque exploitation. En effet, La salinité sera atténuée en doublant la quantité d'eau appliquée initialement par l'exploitation type EXP11 et en augmentant de 40% les quantités d'eau appliquées initialement par l'exploitation type EXP48 (Tab.1).

## 5. CONCLUSION

Les résultats obtenus ont montré que si on ne prend pas de mesure préventive, la salinité des sols des deux exploitations types va tendre à la hausse qui s'accroît avec le changement climatique. Inversement, les rendements du blé dur vont subir des baisses. Cependant, avec de nouvelles itinéraires techniques visant l'augmentation des quantités d'eau d'irrigation, le niveau de la salinité des sols sera atténué et les rendements seront améliorés. En effet, l'exploitation EXP11, devra donc doubler la quantité d'eau appliquée initialement. Alors que les quantités d'eau appliquées initialement par l'exploitation EXP48 devront être augmentées de 40%. Les quantités d'eau supplémentaires réduisent donc les impacts de la salinité sur le milieu naturel et valorisent mieux les eaux usées traitées réutilisées pour l'irrigation et permettant ainsi une meilleure prise en compte de l'environnement.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbes K., (2005). Analyse de la relation agriculture-environnement: Une approche bio-economique: Cas de la salinisation des sols et de la pollution par les nitrates au nord tunisien: Thèse de Doctorat en Sciences Economiques-Université de Montpellier I, 306 p.
- Ackello Ogutu C., Paris Q., and Williams W.A., (1985). Testing a von Liebig Crop Response Function against Polynomial Specifications, American Journal of Agricultural Economics, 67(4), pp. 873-880.
- Anderson R.L., (1968). A simulation program to establish optimum crop pattern on irrigated farms based on pre-season estimates of water supply. American journal of Agricultural Economics, 50:1586-1590.
- Badraoui M. Soudi B. et Farhat A., (1998). Valorisation de la qualité des sols: Une base pour évaluer la durabilité de la mise en valeur agricole sous irrigation par pivot au Maroc. Revue étude et gestion des sols 5,4 1998. 40-44.
- Belhouchette H., (2004). Evaluation de la durabilité de successions culturales à l'échelle d'un périmètre irrigué en Tunisie: Utilisation conjointe d'un modèle de culture CropSyst, d'un SIG et d'un modèle bioéconomique, thèse de doctorat en science du sol, ENSAM-Montpellier,155 p.
- Berck P., Geoghegan J., and Stohs S., (2000). A Strong Test of the von Liebig Hypothesis, American Journal of Agricultural Economics, 82 (4), pp. 948-955.
- Berck P., Helfand G., (1990). Reconciling the von Liebig and Differentiable Crop Production Functions, American Journal of Agricultural Economics, 72 (4), pp. 985-996.
- Boussard J.M., (1987). Economie de l'agriculture, Economica, Paris, 320p.
- CIHEAM, 2005. Rapport sur le Développement rural, développement durable: quelle gestion des ressources?
- CRDA Ariana, (2005). Rapport d'étude de diagnostic et de réhabilitation du périmètre de Cebala Borj Touil: Phase1.
- Csaki C., (1985). Simulation and systems analysis in agricultural. Developments in agricultural economics n° 2, Elsevier.
- Flichman G., (1997). Bio-economic models integrating agronomic, environmental and economic issues with agricultural use of water, CIHEAM-IAMM, Options Méditerranéennes, Sér. A/n°31, pp. 327-336.

- Frank M.D., Beattie B.R., and Embleton M.E., (1990) : A Comparison of Alternative Crop Response Models, *American Journal of Agricultural Economics*, 72 (4), pp. 597-603.
- Hanafi S., Zaïri A., Ruelle P., Le Grusse P., Ajmi T.; (2007) : Typologie des exploitations agricoles: un point de départ pour comprendre les performances des systèmes irrigués, Actes du troisième atelier régional du projet Sirma.
- Lahlou M., Badraoui M. et Soudi B., (2000) : Modélisation de l'évolution de la salinité et de l'alcalinité dans les sols irrigués. Séminaire 'Intensification agricole et qualité des sols et des eaux', Rabat, 2-3
- Mlaouhi S. ; Boujelben A; Elloumi M. et Hchicha M., (2010) : Simulations à long terme avec un modèle biophysique des rendements en fonction de la salinité du sol dans la basse vallée de la Medjerda, parus dans les Annales de l'INRGREF (2010), 14 (Numéro spécial), 135-144 ISSN 1737-0515.
- Mlaouhi S. ; Boujelben A; Elloumi M. et Hchicha M., (2012) : Modélisation biophysique des cultures dans un périmètre irrigué par les eaux usées traitées de la basse vallée de la Medjerda, parus dans la Revue des Régions Arides n° 29 53/2012° PP: 63-75.
- Mlaouhi S., (2002) : Contrôle de la salinité pour la préservation de la fertilité du sol dans un périmètre irrigué dans la basse vallée de la Medjerda, Thèse de Master à l'IAM de Montpellier, 124 p.
- Neubert S. et Benabdallah S., (2003) : Etudes et rapports d'expertise "La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie".
- Paris Q., (1992) : The von Liebig Hypothesis, *American Journal of Agricultural Economics*, 74 (4), pp. 1019-1028.
- Perrot C., Landais E., (1993) : Comment modéliser la diversité des exploitations agricoles? In *Les Cahiers de la Recherche Développement*, 33: 24-40.
- Philippeau G., (1986) : Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ?
- Stöckle C. O., Martin S. A. and Campbell G. S., (1994) : CropSyst, a cropping systems simulation model: water/nitrogen budgets and crop yield. *Agric. Syst*, 46. 335-359.
- Stöckle C., Donatelli M., Nelson R., (2003) :CropSyst, a cropping systems model. *Europ. J. Agronomy*, 18: 289-307.
- Vermersch D. (2001) : Agriculture durable et nouvelles technologies: La fin et les moyens? 1er Symposium de l'Association Belge d'Economie Rurale, Bruxelles.

## Contribution à la caractérisation agronomique et morphologique d'un produit de terroir dans la région de Biskra : le henné (*Lawsonia inermis alba*) de Zribet El Oued (l'henna zribiya)

A. Hraki, K. Benaïssa\*

Département d'Agronomie, Université Mohamed Kheider, Biskra, Algérie

\*Email: Miskelil07@yahoo.fr

### RESUME

Dans l'objectif de la conservation et la valorisation des ressources phylogénétique de la région de Biskra, viens notre étude sur la culture de henné (*Lawsonia inermis alba*) qui consiste à une contribution à la détermination des conditions culturales de cette espèce, le suivi des stades culturaux adoptés par les agriculteurs et la détermination de ses besoins culturaux et la caractérisation morphologique des feuilles « la partie utilisée » de la plante. Nous avons choisi pour cette étude la zone de Zribet El Oued qui est le terroir de cette culture. Cette étude nous a permis d'identifier la forme des feuille qui est, en générale, d'une forme elliptique à allongée avec un rapport de longueur / largeur de 1,5 à 3. Les agriculteurs de la région pratique quelques technique spécifique à leurs région le cas de : la préparation de la pépinière, la fertilisation organique et minérale et la fauche de la récolte. **Mots clés** : henné, produit de terroir, caractérisation morphologique, Zribet el oued.

### SUMMARY

In the aim of preservation and the valorization of the phylogenetic resource of Biskra region, came our study about the henna (*Lawsonia inermis alba*) which consist to contribute to the determination of the conditions of grow of henna, the farmers techniques, the needs of the plants and a morphological study of shape and the size of the leaves "the used part" of the plant. We have chose for this study the region of Zribet El Oued which is known by the henna culture. The study shown that the leaves have a length form, with report value length/wide is between 1.5 to 3. The farmers of this region practice some specific techniques as: preparation of nursery plant, organic and mineral fertilization, and the crop's harvest.

**Key words:** henna culture, Zribet el Oued, shape and the size of leaves.

### 1. INTRODUCTION

L'Algérie de par ces différents étages bioclimatiques (humide, sub-humide, semi-aride, aride, saharien) avec des hivers variés (très froid, froid, doux, chaud) et compte tenu de sa position biogéographique lui confère un ensemble d'espèces naturelles et cultivées à gamme phylogénétique importante et variée, une bonne partie des ressources végétales à intérêts économique, sociale et sanitaire n'est pas connu du grand public, l'autre partie est sérieusement menacée par les usages et les pratiques anthropiques.

Parmi les produits du terroir algérienne nous avons le cas de Henné (*Lawsonia inermis*), henné de Zribet El Oued ou "el'hanna zribiya". Un arbuste de la famille des lythracées, plante tinctoriale très localisée dans des zones arides et semi arides. Elle est utilisé par broyage des feuilles et malaxage avec de l'eau (comme en peut ajouter de l'acide citrique), et nous obtenant une teinture après son application et le dessèchement de la pâte, elle est utilisée comme produit de beauté (cheveux, mains, pieds...), mais également comme médicament dans la pharmacopée traditionnelle, pour soigner les plaies et le traitement de diverses affections ou maladies tels que l'eczéma, les furoncles, les abcès....etc.

Ces dans ce contexte que se déroule notre enquête de caractérisation morphologique (les feuilles de Henné), et agronomique de ce produit, par une enquête sur terrain à touché un nombre restreint des agriculteurs potentiels dans la région de Zribet El oued afin de savoir quelles sont les critères qui ont donnée à ce produit cette place à l'échelle national.

## Répartition géographique de la culture dans la région de Biskra

D'après [1], le henné est considéré comme une plante médicinale et aromatique, repartis dans la wilaya de Biskra principalement dans le Zeb chergui Sidi Okba dont ses communes (Ain nâga, Seryana, Guarta...) Et Z'ribet El oued dont ses communes (El faidhe et M'zirâa).

Dans cette wilaya, le henné occupe une superficie important, de telle sorte qu'elle est considérée en étant le premier producteur de henné dans l'Algérie (Tableau 1).

**Tableau 1.** importance de la production dans les zones productives de henné dans la wilaya de Biskra [1],[2].

	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)	Prix (DA/kg)
Z'ribet El oued	80	1440	18	140,00
El fidhe	410	7380	18	140,00
M'zirâa	8	144	18	140,00
Ain nâga	2	40	20	140,00
Sidi okba	2	40	20	140,00

## Pratiques culturales

L'itinéraire technique de la culture est résumé dans le tableau suivant

Préparation de la pépinière	On choisira pour installer la pépinière, un sol propre, bien ameubli, susceptible d'être irrigué copieusement. Après avoir enfoui une forte fumure organique (60 t/ha), on divisera le terrain en planches bien nivelées de 4m <sup>2</sup> environ [3]
Semis	Les planches étant préalablement irriguées, le semis qui peut être délicat, puisque les graines sont mouillées et collantes à la main, de ce fait il y a lieu de tracer des rais à l'aide du doigt en pleine boue et tout de long de la planche [4] et [5]
Désherbage	C'est le travail le plus délicat, il faut prévoir le désherbage dès le dixième jour après le semis et choisir des ouvriers que le sol est humide l'arrachage des mauvaises herbes entraîne le plant de henné, le désherbage doit être continu et fréquent c'est l'opération la plus coûteuse [6].
Irrigation	Les quantités d'eau consommées par plante varient en fonction de ses positions géographiques: 01 L d'eau selon que le périmètre est situé dans un bas fonds et 02 L selon qu'il est situé sur une élévation. Les besoins totaux sont estimés d'environ de 12000 m <sup>3</sup> /ha [7].
Récolte	Le henné peut donner trois coupes par an, quelque fois quatre dans certaines conditions écologiques particulières. En raison d'une coupe toute les 4 mois. La première est effectuée en décembre ; la seconde en mars ; et la troisième en juin [3] et [8]. Les rendements de cette culture sont estimés de 30 à 35 qx/ha de feuilles sèches [4].

## 2. MATERIELS ET METHODES

Dans le but de la valorisation de nos produit de terroir et pour la conservation de nos ressources phylogénétique adapté aux conditions pédoclimatiques de la région de Biskra, vient notre enquête de prospection dans la région Zribet El oued, afin de contribuer à la caractérisation morphologique de henné de Zribet El oued (sur les feuilles essentiellement), connu à l'échelle national par sa qualité supérieure. Et de connaître le suivi culturel adopté par les agriculteurs de la région.

### 2.1. Matériels végétales

Dans la première partie du travail, une enquête de prospection a été réalisée dans des parcelles cultivées de henné, l'échantillon comporte 5 agriculteurs dont la superficie cultivée est de 8 ha. Concernant la deuxième partie, la caractérisation morphologique des feuilles, des échantillons sont prélevés des parcelles choisi soit 9 feuilles/plante avec 5 répétitions.

## 2.2. Mesures

Les mesures biométriques sont réalisées par un pied à colis.

Les mesures du poids sont obtenues par une balance de précision.

## 2.3. Méthode d'approche

L'enquête est basée sur un questionnaire portant plusieurs volets:

- des données sur l'agriculteur: son âge, ancienneté dans la profession, son niveau d'instruction.
- des données sur l'exploitation: sur la SAT, SAU, superficie planté par la culture de henné, type et nombre d'élevage pratiqué, disponibilité de matériel agricole et électropompe.
- des données sur la conduite de la culture depuis le semis, préparation de la pépinière, l'irrigation, fertilisation, traitement phytosanitaire, récolte et écoulement du produit.

### 2.3.1. Méthode d'échantillonnage et l'enquête sur terrain

L'échantillonnage est effectué selon la technique d'échantillonnage stratifié selon la caractéristique de la superficie des exploitations. Le choix est réalisé dans la région du Zribet El oued sur le lieu dit "Nfidhet A'ragma", le nombre d'exploitant est de 5 agriculteurs dont les superficies varie de 1 à 3 ha. Les questionnaires sont remplis par des entretiens question/réponse et avec des observations faites sur terrain.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse des questionnaires de l'enquête a illustré les résultats suivants par volet :

### 1. Ancienneté dans la profession

Les résultats obtenus de l'ancienneté des agricultures est divisée à deux classes d'âges ; 0-20 ans et plus 20 ans. Cette figure montre que les rapports d'ancienneté dans la profession sont 60% des agriculteurs, une ancienneté dans ce domaine moins de 20 ans est de 40%.

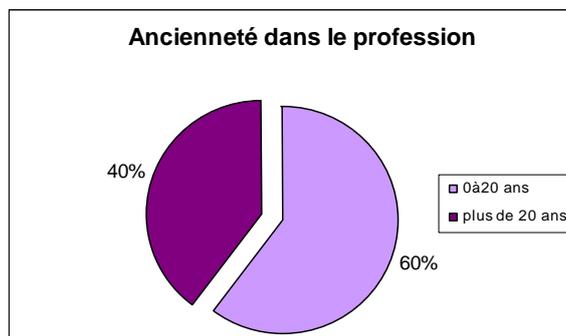


Figure 1. Schéma représentative d'ancienneté dans la profession

### 2. La superficie de l'espace

Les superficies cultivées de henné sont différentes, les résultats dans le tableau montrent que 60% des exploitations ont une superficie d'une taille entre 0 et 1 ha, et 40% représente plus de 2 ha.

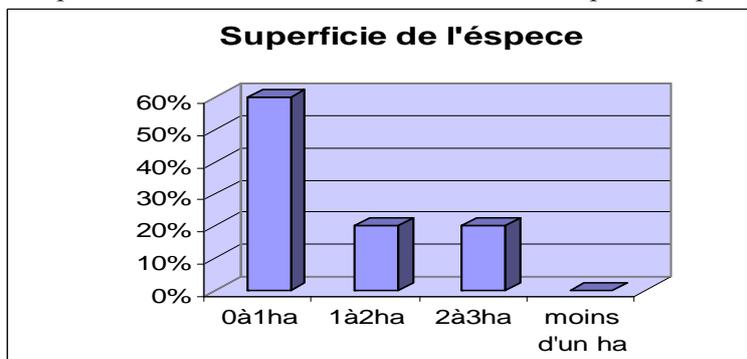


Figure 2. Schéma représentative la superficie de l'espace

### 3. Production de semence

L'enquête a montré que plus de la moitié des agriculteurs 60% auto produisent leurs semences pour conserver les caractéristiques génétiques des espèces adopté à leur conditions, et les agriculteurs restes 40% achètent les semences puis autoproduits.

**Tableau 3. Origine de semence de henné cultivée**

Origine de la semence		
Autoproduits	3	60%
Achetés auprès des opérateurs	0	0%
Achetés puis autoproduits	2	40%
Total	5	100%

### 4. Préparation de la pépinière

Les pépinières sont réalisées à 100% en des bouteilles ou des sacs mouilles avec le fumier organique (fumier de bétail) et reste environ 2 semaines lorsque la germination des graines.

### 5. La récolte

La récolte est une étape très importante dans la conduite des cultures, c'est le résultat de suivi d'un long cycle de vie des cultures pour recueillir à la fin le produit final. Pour notre enquête, 40% des agriculteurs récoltent tardivement

### 6. Type de récolte

La majorité des agriculteurs récoltent mécaniquement (60%) et un seul récolte manuellement, et un agriculteur pratique la récolte mixte deux (manuel et mécanique).

**Tableau 4. Types de récolte pratiqués**

Type de récolte		
Manuel	1	20%
Mécanisé	3	60%
Mixte	1	20%
Total	5	100%

### 7. La commercialisation de la récolte

De la production obtenue, la plus part des rendements (60%) est destinée à marché régional (autre wilaya), tandis que 40% sont orientés vers le marché local (même wilaya)

#### *Caractérisation morphologiques des feuilles*

##### *Mesure biométrique*

Les résultats obtenus par les analyses biométriques sur les échantillons des feuilles de henné, et les calcul de rapport L/l de celles-ci, nous a permis de déduire que la forme des feuille de la variété utilisé est de type elliptique à allongée.

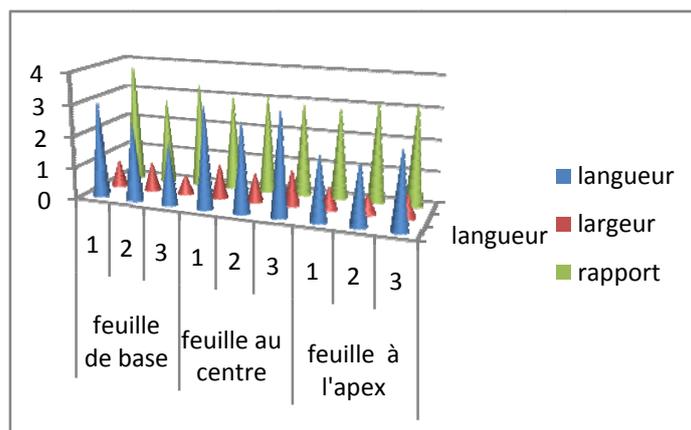


Figure 3. Analyses biométriques des feuilles de henné

#### 4. CONCLUSION

Le henné est une plante des zones aride et semi aride, connu pour ces vertus médicales mais également comme pigment utilisé pour le tatouage sur les mains, les pieds durant les fêtes et les journées religieuses et comme teinture de cheveux, à l'échelle nationale le région de zribet el oued est connu par sa poudre de henné qui offre une teinture de qualité supérieure. Notre étude de caractérisation agronomique de la culture de henné au niveau de site de Nfidet A' raghma nous a permis de faire ressortir les résultats suivants :

Les agriculteurs pratique la culture de henné après la préparation mécanique du sol, la confection manuelle des planche de culture, ils adoptent une technique de mise en pépinière de plants propre à eux, par l'utilisation des sacs contenant du fumier humidifier mélangé avec la semence fine de henné, après la germination les sacs seront étalé sur la planche. Il faut signaler qu'ils donnent une grande importance à la première fauche issue de premier semis de graine dite "*henate l'aarous*" car elle présente des qualités médicale supérieur, la récolte par compagne est effectué 03 fois soit mécaniquement ou manuellement.

La deuxième caractérisation effectué au niveau de laboratoire qui est une caractérisation morphologique des feuilles, a révélé que les feuilles de la variété cultivé "*Drouh*", sont des feuilles de forme elliptique à allongée avec un rapport de 1.5 à 3. La forme de la base de limbe est d'une forme pointue et la forme de l'apex est aigüe. Le poids moyen des feuilles est compris entre 0.4 à 0.7 g.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Lahmadi S., Zegurrou R. et Guesmia H, (2008) : valorisation de quelques espèces condimentaires, médicinales et aromatiques adaptés aux régions arides. Séminaire d'aridoculture 13-14 Dec 2008, CRSTRAT, Biskra
- Anonyme, (2009) : direction des services agricoles de biskra
- MAHMOUDI Y., (1990) : les plantes médicinales de jardin de prophète.ed palais de livre Blida.199 p.
- Toutin G., (1977) : Elément d'agronomie saharienne de la recherche au développement.
- Sahek R., Bouchene N.et Sahki A., 2004 : guide des principaux arbres et arbustes du saha central (Ahaggar et Tassili). INRF, 56p.
- Anonyme, (2002) : étude sur la production de henné dans les villages de Taghade et de N'Doumelly, 8p.
- Anonyme (2002) : fiche technique INPV.
- Bendakha N. et Haicher H., (2009) : contribution de l'évolution des agro systèmes dans 4 stations dans la zone de Biskra, mémoire ing.,uni de Biskra 37p.



## The Effect of natural organic manure on the growth and productivity of potato (*Solanumtuberosum* L .var . spunta) in a Sahara desert region

Ghemam Amara D.<sup>1,2,3</sup>, Senoussi M. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université el-oued, Chott-Teccept Road 39000, Algeria Email: saiddji@ gmail.com

<sup>2</sup>Laboratoire de Biomolécules et Amélioration des Plantes, Université Larbi Ben Mhidi Oum El Bouaghi, BP 358, route de Constantine, 04000, Algérie.

<sup>3</sup>Registered sixth year PhD at the University of Mentouri

### SUMMARY

Many studies have been carried out on the growth, productivity and nutritional properties of potato, including the effects of organic manures on tuber yield and quality. However, there are few studies on the effect of organic manure on potatoes agriculture in arid zones. The main objective of this study was to investigate the effects of natural organic manure on the growth and productivity of potato (*Solanumtuberosum*, cv. Spunta) in a Saharian region (El-oued, Algeria). An experiment was laid out in a randomized complete block design (RCBD), with four replications and five labeled treatments ,the control (no manure), the common fertilization treatment applied by the potatoes farmers 2 q/h (15-15-15 NPK) + 25 t/h poultry manure, 50 t/h of poultry manure, sheep manure and 50 t/h of mixed manure poultry and sheep 1:1 w/w. Results showed an increase in the foliage area , plant cover area and the number of stems per plants by adding poultry manure, and mixed manure more treatments of mixed manure (poultry and NPK) or sheep manure in comparison with control (no manure). The treatment by mixed manure showed significant increase in the number of tubers per plant in comparison with other treatments, but all the used treatments caused a significant increase in the tuber weights and the quantity of production and the percent of standard tubers in comparison with control. The treatments with poultry manure gave the highest yield in increasing the yield with high significant difference in comparison to other treatments. Thus, the combination of natural organic manures and low rates of inorganic fertilizers is a promising low cost option in the production of high yields of potatoes.

Keywords: potato, organic fertilizer, growth, yield.

### 1. INTRODUCTION

Potato (*Solanumtuberosum*L ) is one of the major crops contributing to the world of food requirements (Karam et al., 2009 ) produced by 130 nations (Snapp1 et al., 2003). Fertilizers are the most important inputs which increase the productivity and modern varieties of different crops (Anonymous, 1997; ALI et al., 2009). Fertilizer application has important effects on the quality and yield of potatoes (Leytem and Westermann, 2005). This latter is highly responsive to N fertilization and N is usually the most limiting essential nutrient for potatoes growth especially agriculture in sandy soils (Errebhi et al., 1998)

Limitation of source nutrients of plants can considerably reduce the growth of potato plant and the tuber yield so that that organic or inorganic manure Mineral Nitrogen fertilization can increase shoot weights, leaf area, plant height and subsequently the total yield. While the application of excessive manure leads to immoderate growth, this effect can encourage competition between the source and sink, delayed maturity and subsequently can reduce the tuber yield (HAY et al. 1989) . In addition, excess nitrogen has a negative effect on tuber quality and environment (Goffart et al . 2008 )

Organic fertilizers such as cattle manure and chicken manure contain a large amount of nutrients that influences plant growth and production via improving chemical, physical and biological fertility (Winterhalder et al., 1974). Other researches showed that LAI, shoot weights, plant height and tuber yield can be increased by application of organic fertilization (Stoner et al., 1996)

Application of organic fertilizers is one of the important practical measures to improve soil fertility. In addition to providing necessary nutrients for crops and improving soil physico-chemical properties, organic fertilizer is able to enhance soil microbial activity of soil, such as improving activity of soil enzymes and increasing soil microbial biomass (Ren et al., 1996; Sun 2003; Lv et al., 2005). The purpose of this investigation was to determine changes in morphological and productivity characters

## 2. MATERIALS AND METHODS

### *Chemical analysis Soil sampling and manure organic*

A sand soil collected from Hassikalifa and Zoogbiat towns was used in this study prior to commencement of experiment in surface (0-20 cm depth). Soil samples were taken randomly and manure was applied by brushless manure organic before plowing and prose fertilizer chemical.

### *Land preparation and treatment*

The experiment included five treatments with four replications and fully-randomized arrangements. There were five treatments replicated four times and five plants on each block measuring 1.5 x 3m (ie 4.5 m<sup>2</sup>) with a 1 m gap between plants and between blocks( figure1) A flat tilled land surface was made to define the experimented plants .The total land area used was 200 m<sup>2</sup>.

The Organic manure (poultry chiekhen and sheep) and inorganic fertilizer N P K (15 15 15) were used and included:

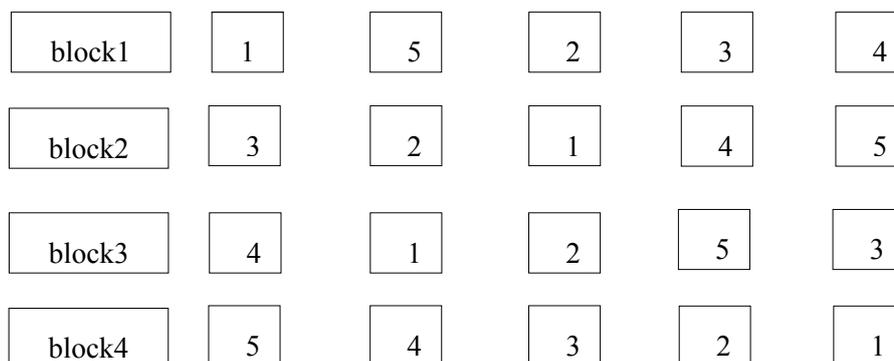
A; no manure used (control)

B: N P K 2 qu /h + 25 t /h chicken manure (the common fertilization treatment applied by the potato farmers)

C: 50 t/ h chicken manure

D: 50 t/ h sheep manure

E: a mixed manure 25 t/h of poultry chicken manure and 25 t /h sheep manure.



**Figure 1.**The experiment design

### *Plant material*

We used in this research plant potatoes (variety Spunta) from the production company AGRICO,

### *Determination of growth and yield parameters*

Five plants were randomly selected at the center of each plot five weeks and ten weeks after sowing. For data collection, plant height and leaf area per plant were determined 38; 70 days after sowing. The tuber weight of the plant was determined and the yield was calculated per hectare and percent of stander tuber.

### *Statistical analysis*

The analysis of variance ANOVA procedure was carried out to determine the difference in parameter. Mean values were compared using the least significant difference (LSD) at 0.05 level of probability.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### *Soil chemical properties*

Basic properties of main organic fertilizers and the experimental soil were shown in figure 2. The soil of the sites was sandy and Soil pH was neutral 7.02. The total N content was 62.54ppm( 0.062 g/kg) represents a deficiency and considering the 150- 200 ppm (0.15-0.20g/kg) critical level by Sobulo and Osiname,1981 (Sherifat, 2010) while the K total were 51.05 ppm represents a deficiency end considering the 300ppm as being critical for sustainable crop production (Ayodele, 1984; Adeoye and Agboola, 1985). The free of P was required relatively in large amounts of manures de la florevégétale.

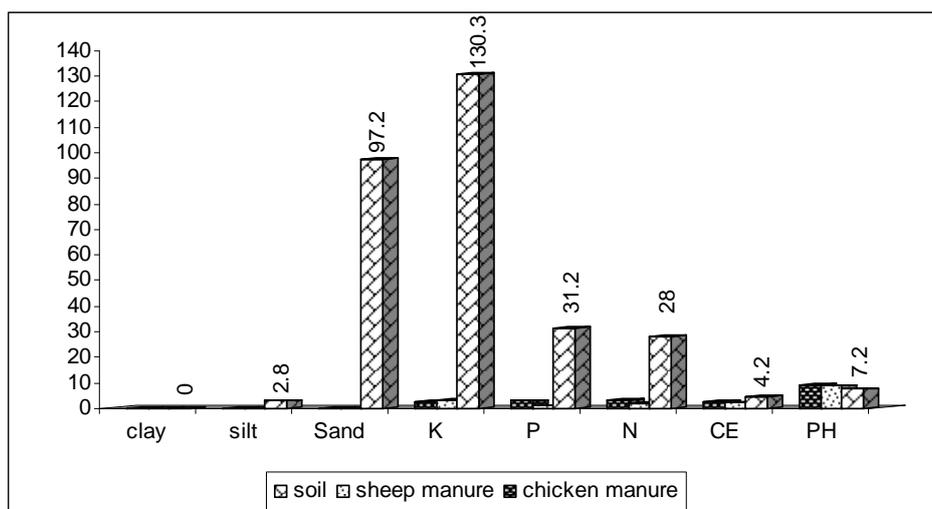


Figure 2. Some chemical and physical properties of soil and animals manures used in the experimental soils

### ***Effect of organic nature manure in leaves area***

The results (Table 1) showed a significant difference in leaves area amongst treatment and its increase as compared to the control. The leaves area was significantly higher in plants derived from chicken manure and the common fertilization treated plots and lower in plants derived from chicken manure on first growing period. Whereas, in the second growing period the chicken manure gave more leaves area on other all treatments and also the results showed increase in the leaves area in all treatments. The growth speed was 0.72 cm<sup>2</sup>/d in comparison with other treatments.

This result was in agreement with that of Hamedan (2006) and Al-Balikh (2008). The results showed an increase cover area plants significantly in chicken manure and mixed manure as compared with other treatments and the treatments of the common fertilization, sheep manure increased significantly as compared with the control. The results obtained from the experiment on number of leaves plant was conformity with Vimala (2006). This results showed in the table 02 increase significantly the numbers stems for treatments (the common fertilization, sheep manure, mixed manure chicken and sheep 1:1 w/w) as compared with the control which is in accordance with observation of Ayoola and Makinde (2007) and Al-Balikh (2008). It showed that stems length is increasing in all treatments to day 70 of planting date which is the last period of vegetative growth.

It also showed significantly all manure treatments in plants height as compared with the control .yet, chicken manure and mixed manure application had significant increase for the common fertilization and sheep manure.

This result signifies the marked contribution of manure to growth. The main effect of chicken manure was highly significant (0.4cm/ day) But, this finding is in accordance with observation of Adeyemi et al. (1987); Ajari et al., 2003) and it increased the plant height of amaranthus. The organic fertilizer has slow nutrient release capacity that caused lower plant height. Results under the present experiment on plant height were supported by Souza et al. (2008).

### ***Effect of organic nature manure in productivity***

The results presented in Table 2 have demonstrated that productive increase varies according to the kinds of organic manures. Results reveal that the highest mean values of tuber weight were recorded in case of the chicken manure. On the other hand, the lowest values were obtained in case of sheep manure whereas, the same trend was observed in control treatment. The significant values of production gram per meter cube or grams per plant (g/m<sup>2</sup> or g/plant) was observed when all treatments of fertilizers compared to control treatment.

The highest significant values were obtained in yield g/ m<sup>2</sup> when plants treated with chicken manure or mixed manure chicken and sheep 1:1 w/w compared to other treatments.

The percentage yield increase over the control ranged from 74.12 to 191.2. The lowest percent increase (74.12%) obtained from sheep manure treatment and the highest percentage yield increase

(191.2%) was obtained from chicken manure treatment followed by chicken manure treatment with sheep manure and the common fertilization. Also the results showed increase in the percentage production of standard tuber for both treatments as compared to the control treatment. That was varied according to the manure kind.

Results reveal that the highest standard proportion of tubers were recorded in treatment the chicken manure only (96.26 %), then it is followed by the treatment of mixed manure chicken and sheep (95.90 %) and treatments of sheep manure (93.53 %) , treatment of chicken manure with NPK fertilize ( 92.27 %) and the control Treatment (88.60%).

These results indicate that poultry manure or chicken manure mixed with fertilizer sheep provides that plant greatly benefit from the nutrients leading to increased production and quality (increase the size of tubers). These results are compatible with the research Darojkina (1972) proved that we can get the same production when adding quantities of organic fertilizers. An alternative source of nutrients in mineral fertilizers was evident in the two treatments T2 and T4 also in accordance with fedotova result, (2002) which present increase in the percentage of production of standard tuber increased by application of organic manure and inorganic. with observation of Al-Balikh (2008) organic chicken manure resulted in highest values of number of tubers/plant, total tuber yield/ha, and marketable tuber yield/ha.

These results are in agreement with those obtained by Tsyganov et al. (2000), Ferreira and Goncalves (2007) with observation of Al sahaf and Atee (2007), Havlin et al. (2005), Adediran et al. (2004), Zidan (2005) which presented that fertilizer is one of the most important inputs of increasing the productivity of crops plants

**Table 1.** Effect of organic nature manure in growth parameters

Treatment	leaves area cm <sup>2</sup> /plant		cover area plants m <sup>2</sup>		plants height (cm)		number stem
	38 days	70 days	40 days	70 days	38 days	70 days	
T1	5.8	13.65	0.031	0.084	6.14	10.60	1.5
2 T	10.5	23.25	0.061	0.187	8.28	14.27	2.5
3 T	7.6	20.25	0.037	0.136	9.54	11.14	2.4
4 T	9.8	31.30	0.106	0.338	16.7	31.72	3.64
5 T	7.9	23.14	0.101	0.281	15.13	24.95	3.5
LSD	2.48	4.23	0.02	0.177	2.55	5.30	0.67
C.V%	19.41	12.31	19	55.92	13.14	17.72	31

**Table 2.** Effect of organic nature manure in yield and productivity

treatment	number of tubers per plant	the percent of standard tuber	productivity g/ m <sup>2</sup>	productivity g/plant	percent production on control	the percent production of standard tuber
T1	4.33	61.45	2352.6	294.07	100	88.60
2 T	6.46	72.83	4740.3	592.53	201.49	92.27
3 T	6.36	69.80	4096.37	512.05	174.12	93.53
4 T	6.66	76.62	6850.8	856.35	291.2	96.26
5 T	7.97	80.84	6738.7	842.31	286.43	95.90
LSD	1.13	-	817.56	102.2	-	-
C.V%	11.95	-	10.7	10.7	-	-

#### 4. CONCLUSION

The effect of animal manure sources on the yield of potato given in table 3 .The application of animal manure sources showed a significantly higher (0.05) yield of potato over the control. However; poultry manure application gave the highest potato yield followed by mixed manure and the common fertilization and then sheep manure. The numbers of tuber per plant and tuber weight are important yield determining factors and reflect the extent of tuber development. These yield components were also significantly influenced by the fertilizer treatments.

#### REFERENCES

- Adediran J, Taiwo L, Akand M, Sobulo R, Idowo O. (2004) .Application of organic and inorganic fertilizers forsustainable maiz and cowpea yield in Nigiria.Journal of plant nutrition. 7(7): 1163-1181.
- Adeoye OA, Agboola AA . (1985) . Critical level of soil plant available PK,Zn, Mg, Cu and Mn on Maize leaf content in Sedimentary Soils of Southwestern Nigeria. Fert. Res., 6: 60-71.
- ADEYEMI M O, FAKORE M A, EDEMA A O. (1987). Effect of poultry Manure and cutting height on the performance of Amaranthushybridus. Nigerian Journal of Agronomy, II (1): 12–20.
- Ajari O, Tsado L E K, Oladiran J A , Salako E A . (2003) . Plant height and fruit yield of okra as affected by field application of fertilizer and organic matter in Bida, Nigeria. *The Nigerian Agricultural Journal*, 34: 74 – 80.
- Al-Balikh K. (2008) . The Influence of Kind and Quantity of Manure on Productivity and Quality Characteristics for SpringPotato in Raqqa Province Raqqa Research Center Alfurat University, Faculty of Agriculture
- Ali M R, costa D J, abedi M J, sayed M A, basak N C. ( 2009). effect of fertilizer and variety on the yield of sweet potato.Bangladesh J. Agril. Res. 34(3) : 473-480
- Al Sahaf F H, Atee A S.( 2007) . Potato productivity by organic farming:3-Effect of organic fertilizer and whey on plant growth, yield and tubers quality characteristics. The Iraqi Journal of Agricultural Sciences. 38(4): 65-82.
- Alva A. (2004). Potato nitrogen management. J. Veg. Crop Prod., 10: 97-130.
- Anonymous. (1997). Fertilizer Recommendation Guide. Bangladesh Agricultural Research Council, Farmgate, New Airport Road, Dhaka-1215. p22.
- Ayodele,O.J., (1984). Nutrient status of soils in Ekiti-Akoto Agricultural development project area. Proceedings of the 12th Annual Conference of the Soil Society of Nigeria. Held at Rivers State University of Sci. and Techn; Port Harcourt . Oct. 14-19th.
- Ayoola O T, Makinde E A . (2007). Complementary organic and inorganic fertilizer application: influence on growth and yield of cassava/maize/melon intercrop with a relayed cowpea. Aust. J. Basic .&Appld. Sci. 1(3):187-192.
- DAROGKINA NA. (1972). *potato*. Ed. urajay.Minisk, 433.P.(in Russian).
- Errebhi M, Rosen C J, Gupta S C, Birong D E. (1998). Potato Yield Response and Nitrate Leaching as Influenced by Nitrogen Management.Agron. J. 90:10–15.
- FEDOTOVA L S, FROLOSOVA A V, BALABUSHEVISH A B .(2002). *potato become more testy due to the new fertilizer*, No2:26-28.
- Ferreira J C, Goncalves D A. (2007). Crop-yield/water use production functions of potatoes (*Solanumtuberosum*L.)grown under differential nitrogen and irrigation treatments in a hot, dry climate. Agricultural water management, 90(1-2): 45-55
- Goffart, J.P., M. Olivier , and M.Frankinet .(2008). Potato Crop Nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency: Past-Present-Future. Potato Research 51: 355-383.
- HAY, R.K.M., and A.J. Walker. (1989). Potatoes. In An introduction to the physiology of crop yield, eds. R.K.M. Hay, and A.J. Walker, 188- 212. Harlow, England: Longman Scientific & Technical
- Hamedan, M.; Zidan,R. and Othman, J., (2006) The Effect of Organic Manure Levels on the Growth and Productivity of Potato(*SolanumTuberosum* L.), cv. Marfona. Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research – Biological Science Series Vol. (28) No.1

- Hamouz K, Dvořák P, Čepl J & Pivec J. (2005). The effect of polypropylene fleece covering on the yield of early potatoes. *Horticultural Science (Prague)*, Vol. 32, No. 2, pp. 56-59, ISSN 0862-867
- Hamouz K, Lachman J, Dvořák P & Pivec V. (2005). The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality. *Plant Soil Environ.* 51, 9, 397-402
- Havlin J D, Beaton J D, Tisdal S L, Nelson W L. (2005) . Soil fertility and fertilizers: An Introduction to nutrient management. Uper Saddle River. New Jersey. Pp:515.
- Karam F, Roupahl Y, Lahoud R, Breidi J, Coll G. (2009). Influence of Genotypes and potassium Application Rates on Yield and potassium Use Efficiency of Potato. *J Agro* ; 8(1):27- 32
- Leytem A B, Westermann D T. (2005). Phosphorus availability to barley from manures and fertilizers on a calcareous soil. *Soil Science.* 170(6):401-412
- Lv WG, Huang QW, Shen QR (2005) The effect of organic fertilizer and organic-inorganic fertilizer application on soil enzymes activities during watermelon growing period. *Journal of Nanjing Agricultural University* 28, 67-71
- Ren ZG, Chen YS, Tang FQ (1996) Effect of inorganic fertilizer combined with organic manure on the microflora and enzyme activities in paddy soil. *Plant Nutrition and Fertilizer Science* 2, 279-283.
- Semiha Güler.(2009). effects of nitrogen on yield and chlorophyll of potato (*solanumtuberosuml.*) cultivars. *Bangladesh J. Bot.* 38(2): 163-169
- Sherifat, s. o., (2010). response of sweet potato (*ipomoea batatas*(l.) lam) to poultry manure and N P K fertilizer of the university of agriculture, ab.eokuta, ogun state, Nigeria
- Snapp S S, Nyiraneza J, Otto M, Kirk W W. (2003). Managing Manure in Potato and Vegetable Systems. MICHIGAN STATE UNIVERSITY EXTENSION
- Souza PA, Souza GLFM, Menezes JB, Bezerra NF. (2008). Evaluations of cabbage cultivar grown under organic compost and mixed mineral fertilizers. *Hortic Bras.* 26:143-145.
- Spooner D M, Bamberg J B.(1994). Potato genetic resources: Sources of resistance and systematics. *Am. Potato J.*, 71, 325-337
- Stoner, K.A., F.J. Ferrandino, M.P.N. Gent, W.H. Elmer, and J.A. LaMondia. (1996). Effects of straw mulch, spent mushroom compost, and fumigation on the density of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in potatoes, *Journal of Economic Entomology* 89: 1267-1280.
- Sun RL, Zhao BQ, Zhu LS (2003) Effects of long-term fertilization on soil enzyme activities and its role in adjusting-controlling soil fertility[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science* 9, 406-410.
- Tindall H D. (1992) .Vegetables in the tropics. Macmillan Press Ltd, London, P. 533.
- TINDALL H D. 1975. Commercial vegetable growing: Oxford Tropical Handbook. Oxford University Press.
- Tsyganov A, Vildfluh I, Persikowa T, Masterov A. (2000). Effect of organic and mineral fertilizers on yield and quality of winter rye and potatoes. *Folia UniversitatisAgric, Stetinesis Agric.*, 84: 511-513.
- Vimala P. (2006). Effect of rates of organic fertilizer on growth, yield and nutrient content of cabbage (*Brassica oleracea var.capitata*) grown under shelter. Leuven, Belgium: International Society for Horticultural Science (ISHS). *Acta Hort*710: 391-397.
- Winterhalder, B., R. Larsen, and R. B. Thomas. (1974). Dung as an essential resource in a highland Peruvian community. *Human Ecology* 2: 89-104.
- Zidan R, Dauob S. (2005). Effect of Some Humic Substances and Amino Compounds on Growth and Yield of Potato, *SolanumTuberosum,L.* Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research - Biological Sciences Series Vol. (27) No (2) : 92-100.

## Production and characterization of compost of green wastes

Radhouani Afrâa\*, Lechaiheb Belgacem, Ben Yehya Leila, Ferchichi Ali  
Dry Lands and Oasiann Cropping Laboratory. Institute of Arid Regions, Medenine, Tunisia  
Email: [afraerid@voila.fr](mailto:afraerid@voila.fr)

### SUMMARY

Composting is a biological process of degradation and mineralization of organic matter under controlled conditions. This technique is in root of spreading and becoming a pillar of the organic agriculture which recognizes the recycling of plant derived wastes.

In this framework, an experience of composting of green wastes was realized. This process was done in pile system. The composting duration was 7 months when the temperature was followed regularly. This period was divided into four phases: mesophilic, thermophilic, curing and maturation phases which differ in their average temperature accordingly to discrepancy in microbial communities and metabolic activities. Chemical analyze has shown that the produced compost presents promising properties which respond to the norms of use of compost. Furthermore, biological assay, reveal that this medium can be adopted without phytotoxicity risks seeing its germination index higher to 50%.

**Key words:** green wastes, compost, temperature, chemical properties, phytotoxicity

### 1. INTRODUCTION

The requirement for an eco-friendly alternative farming system arises from the detrimental effects of the practices adopted by the "conventional" agriculture (Narayanan, 2005). Organic agriculture is seen as the most promising one. Organic agriculture is considered as an environment friendly and sustaining method of vegetable production (Narayanan, 2005). It encompasses a holistic approach to farming which amalgamates natural techniques including substantial use of organic manures, organic pest management practices instead of applying chemicals in soil fertilization and plant protection (Tfyp working group sr, 2001, Znaidi, 2002). As the same, NOSB (2003) noted that this agricultural system is based on the minimal use of off-farm inputs and on management practices that maintain ecological congruence. In this framework, this production system recognizes recycling plant derived wastes to return nutritive minerals to the soil and replenish the humus fraction (Beffa, 2002; Compaore *et al.*, 2010). One of the most straightforward options for prospective solid waste management is composting (Zmora-Nahuma *et al.*, 2007; Khiyami *et al.*, 2008); Butler *et al.*, 2001; Jindo *et al.*, 2012; Singh and Suthar, 2012) which constitutes a promise alternative to their incineration and/or putting in landfills (Brinton, 2000; Butler *et al.*, 2001; Beffa, 2002; Albrecht, 2007; Martínez-Blanco *et al.*, 2009).

In *sensu stricto*, composting is defined as a self-heating process of biodegradation, mineralization and partial humification of labile organic matter by the action of successive microbial communities evolving in aerobic conditions (Mustin, 1987; Butler *et al.* 2001; Beffa, 2002; Amir, 2005; Albrecht, 2007; Gharib *et al.*, 2008; Bernal *et al.*, 2009; Martin and Brathwaite, 2012).

The use of compost was increased strikingly seeing its advantageous effects on soil by enhancing its fertility (Brinton, 2000), buffer potentiality that affects significantly the mineral nutrition of plants (Mustin, 1987), physical properties (increase porosity, decrease density, raise soil strength and roughness, increase CEC) (Albrecht, 2007; Bustamante *et al.*, 2010). Moreover, compost has shown a suppressing soil-borne diseases effect (Martínez-Blanco *et al.*, 2009; Martin and Brathwaite 2012). This suppression can be general or specific (Znaidi, 2002).

However, these benefits cannot be realized only if the compost presents promising properties. Indeed, unsuitable properties of compost can induce phytotoxicity for plants (Albrecht, 2007; Khan *et al.*, 2009). Thus, it seems important to identify the properties of compost before its use (Zmora-Nahuma *et al.*, 2007).

In this framework, the intent of this study is to follow a simple process of green wastes' composting and highlight the chemical properties and the seedling growth attitude of the produced compost.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### **Raw materials**

Dry and green wastes were used. Dry wastes were represented by leaves, grass, branches and fruits. These materials were crushed seeing that more they were splitted up, more quickly they were broken. They were shredded in an average size of 5– 20 mm, which is recommended for good aeration of composting systems as it was reported by Khiyami *et al.* (2008). Green wastes were represented by leaves, grass, flowers and fruits.

An equilibration must be maintained between dry wastes, for which the dominant mineral element is carbon, and green ones rich on nitrogen seeing that an excess of dry elements limits the increase of temperature yet the excess of green components induces a surplus of humidity and a lack of oxygen. Before use, dry materials were soaked in water to make them soft and humid yet green ones were faded a lot to evaporate their humidity.

### **Construction of the heap**

The composting system used in this study is the windrow one. The ground was plowed to facilitate the circulation of the microorganisms between the round and the matters in decomposition. A layer of branches, straws and died leaves were disposed. The feedstock materials were placed in pile.

The dry and green components were alternated in successive and thin layers to avoid compacting and allow good air circulation in the heap. Pile was turned mechanically and regularly in accordance with temperature evolution. Turning serves, moreover mixing the material, to maintain a high porosity (lost by settling and reductions in particle size), release heat, water vapor, and gases; prevents excessive temperature accumulation within and exchange outer layers with inner layers in the pile to achieve adequate treatment of pathogenic organisms and weed seeds (Graves *et al.*, 2000). The addition of water during turning depends on the humidity of the heap: take a handful of compost within the pile and squeeze into a ball in hand: If the water flows thus the pile is too wet and it must redone but if the ball breaks into pieces indicating that the pile is too dry and should be watered as necessary. The heap was covered by a layer of straws to protect the heap against wind and sun and limits temperature loss.

### **Measurements:**

#### **Temperature**

The temperature of the pile was measured every 10 days at 5 different emplacement of the heap.

#### **Chemical properties**

Substrates pH, electrical conductivity (EC), Na, P, K, Ca and Mg were determined in the water extract 1:5 according to Johnson (1980). Nitrogen was determined by the Kjeldahl method. Total organic carbon was measured according to Colorimetry method (ISO 14235). Percent of ash was determined after heating the substrate for 4 h in a muffle furnace at 550°C. Percent of volatile solids (VS) were determined by subtracting percent ash from 100 (Changa *et al.*, 2003).

The composition on lignin, humic and fulvic acids were determined according to the methods cited by Albrecht (2007). The humification index was determined referring to Zbytniewski and Buszewski (2005).

The decomposition of chlorophyll-type compounds (mainly chlorophyll a, chlorophyll b, pheophytin, chlorophyllide, and pheophorbide) was determined by the assay of light absorption of acetone extracts of compost referring to Rajbanshi and Inubushi (1998).

#### **Biological assays**

A modified phytotoxicity test developed by Zucconi *et al.* (1981) was carried out. To assess the effect of compost on emergence attitude, three regional plant species, barley (*Hordeum vulgare* L.), muskmelon (*Cucumis melo*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) were adopted. The aqueous extract of the composts was prepared by shaking the fresh sample with distilled water at 1:10 (W/V). Serial dilutions of the resulted supernatant with sterile distilled water (SDW) to yield 0, 25, 50, 75 and 100 % were prepared. 5 seeds were placed on filter paper (Whatman # 3) in the bottom of 9 cm diameter petri dishes. The paper was moistened with 2.5 ml of a compost aqueous extract. The dish sealed with parafilm, to minimize water loss, and placed in an incubator at a constant temperature and

humidity suitable for their germination. 2.5 ml of distilled water was used as control treatment. The test was run in triplicate. The number of normal seedlings (with first leaves and radicles) as well as length of radicles were measured and recorded 5 days after their dark incubation. Seed germination, root elongation and germination index were calculated according to equations noted by Tam and Tiquia (1994):

$$\text{Relative seed germination (\%)} = \frac{\text{Number of seed germinated in the extract}}{\text{Number of seeds germinated in the control}} * 100$$

$$\text{Relative root elongation (\%)} = \frac{\text{Mean root elongation in the extract}}{\text{Mean root elongation in the control}} * 100$$

$$\text{Germination index} = \frac{(\% \text{ Seed germination}) * (\% \text{ Root elongation})}{100\%}$$

### **Statistical analysis**

Statistical analyses were performed using a level of 0.05 (5%) for the ANOVA and Duncan post hoc tests. Differences between the means of the three substrates were compared, using the least significant difference (LSD).

## **3. RESULTS AND DISCUSSION**

### **3.1. Phases of composting**

The following of the temperature permits to discriminate four phases:

-Phase 1: It is remarked by a quick increase of the temperature which attains 41°C 30 days after heap construction. It corresponds to the mesophilic phase. Debril (2005); Albrecht (2007) and Bernal *et al.* (2009) have attributed this rise to the heat produced from the energy of the organic combinations of simple compounds such as sugars, amino acids and proteins degraded by mesophilic and/or thermotolerant fungi and bacteria.

-Phase 2: During this phase, temperature increases to 56°C two months after the heap construction and to 72°C 120 days after heap construction. This stage is known as the thermophilic phase. This increment of temperature is favored by turning which gives supplement oxygen for renewing microbial activity as it was indicated by Mustin (1987). Seeing this high temperature, only fungi and thermophil bacteria, that optimal temperature's growth oscillates between 65 and 70°C persist (Albrecht, 2007). Ryckeboer *et al.* (2003) specified that 87 % of the thermophilic microorganisms is identified as belonging to the genus *Bacillus*. Degradation concerns fats, cellulose, hemicelluloses and some lignin (Bernal *et al.*, 2009). A frequent dryness of the compost pile was remarked. It can be justified by an important water evaporation occurred in conjunction with the release of CO<sub>2</sub> consequently to mineralization of the organic matter. Indeed, Ryckeboer *et al.* (2003) and Albrecht (2007) have indicated that during this stage, an important fraction of the organic matter was vigorously mineralized.

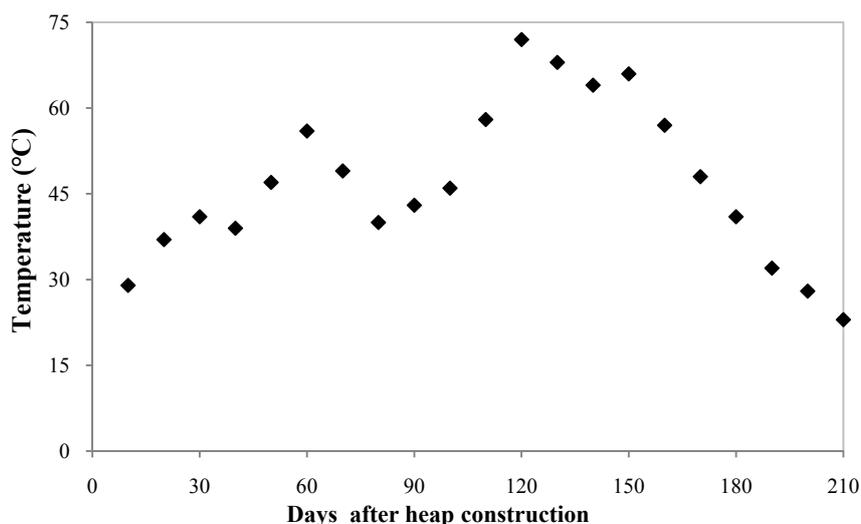


Figure 1. Evolution of the heap temperature during composting.

Debril (2005) considered that this step corresponds to the hygienisation step during which pathogens were destroyed, actinomycetes in particular streptomycetes thrive, larvae are killed and most weed seeds are cracked.

These two phases can be assimilated in one phase named: active phase or degradation one (Albrecht, 2007; Butler *et al.*, 2001).

-Phase 3: It is characterized by a decrease of the temperature. It is well-known as the cooling one. Bernal *et al.* (2009) have attributed this diminution to the reduction of the microbial activity associated with the depletion of degradable organic substrates. The remaining matter is represented by sugars, cellulose and hemicelluloses. It is known as the second mesophilic phase during which mesophilic organisms re-colonise the pile. It is called also the Curing phase: it insures against negative consequence of application of immature compost like phytotoxicity (Brinton *et al.*, 2001); Ryckeboer *et al.* (2003).

Bernal *et al.* (2009) considered that these three phases constitute the biooxidative one.

-Phase 4: It is remarked by an irreversible reduction of the temperature: it starts 150 days after the heap construction. It is known as the maturation phase. During this step, the predominant biochemical process is the humification of cellulose and lignin by fungi (Brinton *et al.*, 2001; Ryckeboer *et al.*, 2003; Albrecht, 2007).

### 3.2. Chemical characterization

Data represented in Table 1 pointed out that the pH value is of 7.15. This value seems promising seeing that at maturity pH stabilizes at the neutrality (Znaidi, 2002) and immature composts are characterized by an acid one (Forster *et al.*, 1993).

Table 1. Chemical composition of the compost.

pH	EC(mS/cm)	VS	C	N	C/N	Mineral composition (%DM)				Lignin	HA	FA
						Na	K	Ca+Mg	Cl			
7.15	4.61	59.8	20.97	0.87	24.21	0.13	0.15	1.2	0.017	6.36	6.88	5.7

All the parameters are expressed en % of dry matter.

The content on soluble minerals deduced from the electrical conductivity is of 4.61 mS/cm. Referring to Albrecht (2007), who reported that the preferred EC of the substrate used in agriculture is about 5 mS/cm, this substrate can be used carefully.

The organic carbon is about 21%. This value seems interesting seeing that the best content oscillates between 10 and 30 % as it was considered by Francou (2003). The content on volatile solids is about 59.8%.

The content on the nitrogen is of 0.87 % of dry matter. This content seems slightly lower to the norms of the substrates which are of 1 to 4% of dry mass (Francou, 2003).

The C/N is of 24.21%. There is a controversy concerning the best C/N ratio indicating the compost maturity: Mustin (1987) considered that the optimum value comprises between 8 and 15, Albrecht (2007) has reported that a value of this ratio inferior to 20 and even 15 characterizes mature compost yet a stable one is characterized by a ratio comprising between 10 and 15. However, (Golueke, 1991) indicated that the C/N ratio needed for effective composting oscillates between 25 and 40. In the light of studies reported by Ryckeboer *et al.* (2003), the optimum C/N ratio ranges between 25 and 35. Zbytniewski and Buszewski (2005) have reported that a C/N ratio of 15 reflects stabilization of composting mass and one below 12 indicates a high degree of compost maturity. As the same, Bernal *et al.* (1998) have reported that C/N ratio lower than 12 for municipal waste compost indicates a good degree of maturity but in well humified soils the C/N ratio is close to 10.

The content on lignin is of 6.36% of dry matter. The content on humic acid (6.88 % of dry matter) is higher to this on fulvic one (5.7% of dry matter). This superiority is considered as an indication of advanced humification and maturity of the compost (Hsu and Lo, 1999; Zbytniewski and Buszewski, 2005). Indeed, the production of humic acid is done by polymerization of fulvic acid or by degradation of non humic substances of the fulvic fraction followed by the formation of polycondensed humic structures (Albrecht, 2007). The AH/AF ratio is of 1.24. This ratio reflects an acceptable degree of compost referring to Albrecht (2007) who has reported that this ratio is inferior to 1 for immature compost yet it oscillates between 1 and 3 for mature one.

The humification index is of 6.35. Albrecht (2007) has reported that the ideal value is of 5 and claimed that value higher to 5 reflects a higher content on carbon, a low degree of aromatic condensation and it shows the presence of relatively large proportion of aliphatic structures. Zbytniewski and Buszewski (2005) enunciated that humification index exceeding 5 characterize matured humic acids and may suggest that humification is not complete, and that compost organic matter in stable and matured compost differs from natural organic matter occurring in soils.

The index of decomposition of chlorophyllous compounds is of 0.004. This inferior value reflects a good decomposition of these compounds. Indeed, Rajbanshi and Inubushi (1998) have indicated that a high absorbance reflects that the decomposition of these compounds is incomplete.

### 3.3. Biological assay

For the three seeds, a negative correlation was noted between the concentration of the water extract of compost and the parameters of seedling growth in terms of relative seed germination (■), relative root growth (■) and the germination index (■) (Figures 2, 3 and 4).

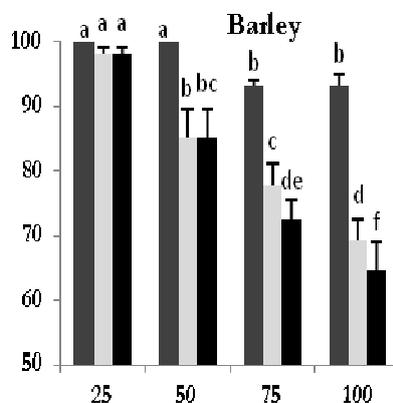
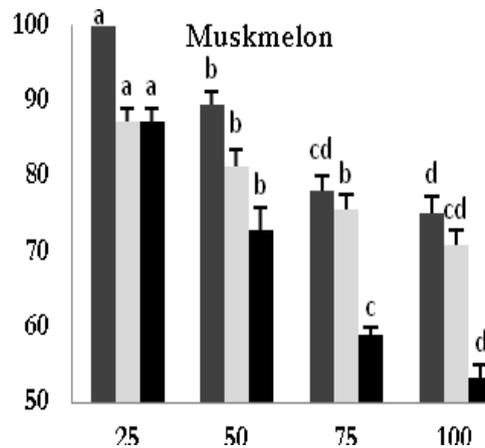
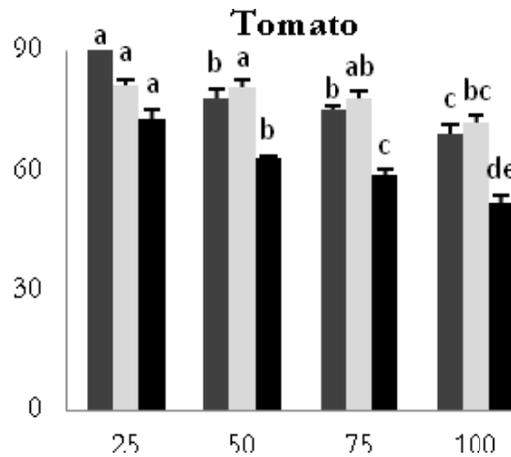


Figure 2. Effect of compost on seedling Barley growth. Means followed by the same letters don't differ at  $p < 0.05$  by the Duncan test.



**Figure 3.** Effect of compost on seedling Muskmelon growth. Means followed by the same letters don't differ at  $p < 0.05$  by the Duncan test



**Figure 4.** Effect of compost on seedling Tomato growth. Means followed by the same letters don't differ at  $p < 0.05$  by the Duncan test.

However, for the three seeds, the relative seed germination percentage was less affected than the two others parameters. This remark was affirmed too by Paradelo *et al.* (2008). As the same, Wong *et al.* (1983) have explained that toxic compounds may suppress the percentage of viable seeds but the toxic effects can decline with time and seeds can adjust to the more adverse conditions.

The negative effect of compost concentration on the seedling growth was selective: the highest mitigation was recorded with tomato seeds in contradiction to barley ones which seem to be the most tolerant to the increase of compost concentration. The best performance of barley seedling growth can be attributed to its higher food reserves. Indeed, Cheung, Wong and Tam (1989) have reported that seeds of root crops, such as cereals, contain high quantities of food reserves would have lower sensitivity to toxicity than seeds of leafy plants with lower food reserves such as tomato. Besides, Khan *et al.* (2007) have indicated that the water compost extract has a suppression of seed germination and radicle elongation for seeds of dicotyledonous species, such as tomato, greater than those of monocotyledonous species like barley.

Referring to this test, this compost can be used without risk of real phytotoxicity seeing that the germination index does not drop under 50% even for the most sensible seed, tomato. Indeed, Zucconi *et al.* (1985) have indicated that germination index lower than 50% means high phytotoxicity, values between 50 and 80 % mean moderate phytotoxicity, and values over 80 % indicate that the material presents no phytotoxicity.

#### 4. CONCLUSION

The produced compost shows promising chemical properties. Biological assay indicates that it can be adopted without risks of phytotoxicity even its negative effect on seedling growth. However, it will be interesting to adopt growing tests seeing that damaging effect can be temporary only in the earlier stage.

Due to the selective effect of compost towards studied seeds, it seems important to select species that are sensitive to the specific composting materials before the test can be used for the evaluation of compost suitability to adoption in agriculture.

#### REFERENCES

- Albrecht, R. (2007). Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. Thèse de Biologie. Université Paul Cézanne. Faculté des Sciences et Techniques. 189 PP.
- Amir, S. (2005). Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. 2005. le titre de docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse formation doctorale : sciences agronomiques. 341 pp.
- Beffa, T. (2002). The Composting Biotechnology : A Microbial Aerobic Solid Substrate Fermentation Complex Process.MADEP SA, PO. BOX 415, 2022 BEVAIX (Switzerland) And COMPAG TECHNOLOGIES INTERNATIONAL Bevaix, Le 11 July 2002.
- Bernal, M.P., Paredes, C., Sanchez-Monedero, M.A., & Cegarra, J. (1998). Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic wastes. *Biores.Technol*, 63, 91-99.
- Bernal, M.P., Albuquerque, J.A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100, 5444–5453
- Brinton, W.F. (2000). Compost quality in america standards & guidelines. woods end research laboratory , inc. 42 pages.
- Brinton, W.F., Eric Evans, Jr., Droffner, M.L., Brinton, R.B. (2001).Compost heating dewar test-biocytle report. Woods End Research Laboratory. 16 Pages.
- Bustamante, M.A., Said-Pullicino, D., Paredes, C., Cecilia, J.A., & Moral, R. (2010). Influences of winery–distillery waste compost stability and soil type on soil carbon dynamics in amended soils. *Waste Management*, 30, 1966–1975.
- Butler, T. A., Sikora L. J., Steinhilber, P. M., & Douglass, L. W. (2001).Compost Age and Sample Storage Effects on Maturity Indicators of Biosolids Compost. *J. Environ. Qual*, 30, 2141–2148
- Changa, C.M., Wang, P., Waston, M.E., Michel,F.C., & Hoitink, H.A.J. (2003). Assessment of the reliability of a commercial maturity test kit for composted manures. *Compost Science & Utilization*, 11 (2), 127-145.
- Cheung, Y.H., Wong, M.H., & Tam, N.F.Y. (1989). Root and shoot elongation as an assessment of heavy metal toxicity and "Zn equivalent value" of edible crops. *Hydrobiol*, 188(189), 377-383.
- Compaore, E., Nanema, L.S., Bonkoungou, S., & Sedogo, M.P. (2010). Evaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture. *Journal of Applied Biosciences*, 33, 2076 – 2083.
- Forster, J.C., Zech, W., & Wurdinger, E. (1993). Comparison of chemical and microbiological methods for the characterization of the maturity of composts from contrasting sources. *Biology and Fertility of Soils*, 16, 93-99.
- Francou, C. (2003). Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage- Recherche d'indicateurs pertinents. *Chemosphere*, 45, 4117-425.
- Gharib, F., Moussa, L., & Massoud O. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*majorana hortensis*) plant. *International journal of agriculture &biology*, 10(4), 381–7
- Golueke, C.G. (1991). Principle of Composting. In: Bio Cycle Journal.The Art and Science of Composting. The JG Press Inc., PA, USA. Haug, R.T., 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

- Graves, R., Hattemer, G.M., Stettler, D., Krider, J.N., & Chapman, D. (2000). Part 637 Environmental Engineering National Engineering Handbook. USDA. Chapter 2 COMPOSTING. Part 637 National Engineering Handbook. 210-VI-NEH. 88P.
- Hsu, J.H., and Lo, S.L. (1999). Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of pig manure. *Environmental Pollution*, 104, 189-196.
- Jindo, K., Suto, K., Matsumoto, K., García, C., Sonoki, T., & Sanchez-Monedero, M. (2012) Chemical and biochemical characterisation of biochar-blended composts prepared from poultry manure. *Bioresource Technology*, 110, 396–404.
- Johnson, E.W. (1980). Comparison of methods for analysis for loamless composts. *Acta Horticulturae*, 99(197), 197-204.
- Khan, M.A., Ueno, K., Horimoto, S., Komai, F., Tanaka, K., & Ono, Y. (2007). Evaluation of the use of rice bran compost for eco-friendly weed control in organic farming systems. *American Journal of Environmental Sciences*, 3 (4), 235-240.
- Khan, M.A., Ueno, K., Horimoto, S., Komai, F., Tanaka K., & Ono, Y. (2009). Physicochemical, including spectroscopic, and biological analyses during composting of green tea waste and rice bran. *Biol Fertil. Soils*, 45, 305-313.
- Khiyami, M., Masmali, I., & Abu-khuraiba, M. (2008). Composting a Mixture of Date Palm Wastes, Date Palm Pits, Shrimp, and Crab Shell Wastes in Vessel System. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 15 (2), 199-205.
- Martin, C. C.G., & Brathwaite, R. A.I. (2012). Compost and compost tea: Principles and prospects as substrates and soilborne disease management strategies in soil-less vegetable production. *Biological Agriculture & Horticulture*, 1-33.
- Martínez-Blanco, J., Muñoz, P., Antón, A., & Rieradevall, A. (2009). Life cycle assessment of the use of compost from municipal organic waste for fertilization of tomato crops. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(6), 340-351.
- Mustin, M. 1987. Le compost "gestion de la matière organique. Editions François Dubuse. Paris. 954P.
- Narayanan, S. (2005). Organic farming in india : relevance, problems and constraints. occasional paper 38. Department of Economic Analysis and Research. National Bank for Agriculture and Rural Development. Mumbai. 93 PAGES.
- NOSB (National Organic Standards Board). (2003). USDA-NOP, <http://www.ams.usda.gov/nop/>
- Paradelo, R., Moldes, A. B., Rodríguez, M., & Barral, M. T. (2008). Relationship between heavy metals and phytotoxicity in composts. *Cienc. Tecnol. Aliment*, 6(2), 143-151.
- Rajbanshi, S. S., & Inubushi, K. (1998). Chemical and biochemical changes during laboratory-scale composting of allelopathic plant leaves (Eupatorium adenophorum and Lantana camara). *Biol Fertil Soils*, 26, 66–71.
- Ryckeboer, J., Mergaert, J., Vaes, K., Klammer, S., De Clercq, D., Coosemans, J., Insam, H., & Swings, J. (2003). A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes. *Annals of Microbiology*, 53 (4), 349-410.
- Singh, D., & Suthar, S. (2012) . Vermicomposting of herbal pharmaceutical industry waste: Earthworm growth, plant-available nutrient and microbial quality of end materials. *Bioresource Technology*, 112, 179–185.
- Tam, N.F.Y., & Tiquia, S.M. (1994). Assessing toxicity of 'spent sawdust pig-litter' using seed germination technique. *Resource Conservation Recycling*, 11, 261-274.
- Tfyp working group sr. no. 46. Organic and biodynamic farming. For the tenth five year plan. Government of India planning commission. (2001). 25 p.
- Wong, M.H., Cheung, Y.H., & Cheung, C.L. (1983). The effects of ammonia and ethylene oxide in animal manure and sewage sludge on the seed germination and root elongation of Brassica parachimensis. *Environ. Pollut.*, 30, 109-123.
- Zbytnewski, R., & Buszewski, B. (2005). Characterization of natural organic matter (NOM) derived from sewage sludge compost. Part 1: chemical and spectroscopic properties. *Bioresource Technology*, 96, 471– 478.

- Zmora-Nahuma, S., Hadarb, Y., & Chen, Y. (2007). Physico-chemical properties of commercial composts varying in their source materials and country of origin. *Soil Biology & Biochemistry*, 39, 1263–1276.
- Znaïdi, I. (2002). Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. C.I.H.E.A.M. Méditerranien Agronomic Institute of Bari. Master of Science Degree. Méditerranien Organic Agriculture. 104 P.
- Zucconi, F.A., Pera, M., Forte, M., & Bertoldi, M. (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22,54-57.
- Zucconi, F., Monaco, A. & Forte, M. (1985). Phytotoxins during the stabilisation of organic matter. In *Composting of Agricultural and Other Wastes*, ed. J. K. R. Gasser, Elsevier, New York, pp. 73-86.



## Estimation du stock hydrique du sol au semis et influence sur la germination du blé

N. Sghaier<sup>1</sup>, H. Abdou<sup>2</sup>, M.M. Masmoudi<sup>1</sup>, N. Ben Mechlia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INAT, 43 av. Charles Nicolle, 1082 Tunis, Tunisie.

<sup>2</sup>Université d'Aleppe, Syrie.

e-mail netij.benmechlia@iresa.agrinet.tn

### RESUME

La variabilité interannuelle des pluviométries avant la période du semis du blé peut influencer sur les conditions de germination des semences et par la suite sur la durée de la levée de la culture. La levée du blé est fortement corrélée aux conditions hydriques du sol superficielles et des apports hydriques post semis. Les résultats ont montré que la germination des semences du blé a été atteinte en 140 °jours dans les conditions hydriques optimales du sol. La connaissance du profil hydrique du sol à la date de semis peut renseigner sur la quantité d'eau qui peut être utilisée par la culture. La simulation du stock hydrique initial par le modèle AquaCrop durant six dates de semis a montré sa performance avec respectivement des biais et RMSE (RRMSE) variant de -21.2mm, 2.8 mm (10.3 %) et de 26.5, 15.2 mm (5.9 %) selon les hypothèses choisies dans la présente étude qui sont en rapport avec les conditions hydriques du sol au début de la campagne agricole.

**Mots clés :** AquaCrop, blé, germination, pluviométrie, semis.

### SUMMARY

Title: Estimation of soil water content at sowing and influence on wheat germination. Rainfall variability during pre-sowing period leads to possible fluctuations in wheat seed germination conditions. Results show that optimum wheat seed germination is reached in 140 degree days. But it takes more time in dryer conditions. Simulation of the soil water balance using AquaCrop model showed its performance in simulating the initial soil water content at sowing time during the experimental period. Depending on whether hypothesis used in initial soil water content at the beginning of the cropping year, simulated results presented good agreements between observed and simulated initial soil water content at sowing. The performance of the AquaCrop model showed respectively bias, RMSE (RRMSE) of -21.2 mm, 2.8 mm (10.3 %) and 26.5 mm, 15.2 mm (5.9 %) according to hypothesis used in the present work.

**Key words:** AquaCrop, germination, rainfall, sowing, wheat.

### 1. INTRODUCTION

La phase initiale correspond à la période allant de germination de la culture jusqu'à un niveau de couverture foliaire de 10 % (Allen et al., 1998). Le développement et la durée de cette phase sont liés aux conditions de germination des semences du blé. Ces conditions sont étroitement liées au régime thermique ou GDD d'une part (Gan et al., 1992) et des conditions hydriques du sol d'autre part. Les travaux de recherches ont montré que les besoins thermiques de la germination du blé sont presque constants (Khah et al., 1986, Wilkens et al., 2001). Seulement, les conditions hydriques du sol peuvent influencer les conditions de germination des semences. Des travaux récents ont montré que la durée et le taux de germination des semences du blé sont liés au potentiel hydrique du sol. En effet, Wuest et Lutcher (2012) ont suggéré que les conditions de germination du blé à 75 % sont idéales pour un potentiel hydrique de sol supérieur à -1.1 MPa. Pour des potentiels hydriques du sol variant de -1.1 et -1.6 MPa, la levée peut atteindre un taux de germination de 75 % mais avec plus de temps. Au-delà de -1.6 MPa, la levée n'atteint pas les 75 % de taux de germination pendant 25 jours d'essai. Ceci a été vérifié dans des travaux antérieurs en montrant que la germination du blé est plus rapide dans un sol humide que dans un sol plus sec (Doneen et McGillworay, 1943). Owen (1952) a constaté que la durée de la germination peut varier de 2 à plus de 20 jours après le semis selon les conditions hydriques du sol. Il a conclu que la germination du blé a pu se faire à un potentiel de 3.2 MPa qui est largement en dessous du point de flétrissement du sol qui est de l'ordre de -1.6 MPa. Mais, la germination n'a pas dépassé un taux de 20 %. Hanks et Throp (1956) ont montré que le taux de germination du blé est différé en dessous d'un potentiel hydrique du sol inférieur à la capacité au champ. Plus tard, Ashraf et

Abu-Shakra (1978) ont montré que la vitesse de germination du blé commence à diminuer à partir d'un potentiel hydrique du sol de l'ordre de -0.67 MPa avec la possibilité de germination totale à un potentiel de 1.33 MPa. D'un autre côté, Lindstrom et al., (1976) ont suggéré que le taux de germination du blé commence à être affecté à partir d'un potentiel de -0.4 MPa. Ces études ont montré que les conditions hydriques du sol influencent à la fois le taux et la durée de la germination des semences du blé. Les limites des conditions hydriques optimales de germination ont varié d'un auteur à un auteur. Il semble qu'en dessous du point de flétrissement permanent, la germination de la culture du blé est sévèrement affectée.

L'objectif de ce travail est d'analyser l'impact des conditions hydriques initiales du sol sur la durée de la phase initiale du cycle de développement de la culture du blé dur pour la variété Karim. De plus, une évaluation de la simulation du stock hydrique du sol initial par le modèle FAO AquaCrop sera établie.

## 2. MATERIELS ET METHODES

L'essai a été conduit à la station expérimentale de l'INAT durant les campagnes agricoles 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008 et 2008-2009. La station est située dans la plaine de Mornag à 20 km Sud-Est de Tunis (36,7° N, 10°, 26 E). La plaine est caractérisée par un climat méditerranéen semi-aride supérieur à hiver doux. Les valeurs annuelles moyennes de la pluviométrie et de l'évapotranspiration de référence selon la méthode de Penman-Monteith (FAO, 1998) sont respectivement de 450 et de 1295 mm.

Le sol du site expérimental est du type peu évolué d'apport alluvial, profond et à caractère vertique. Le profil du sol sur 1 m de profondeur présente une texture homogène du type argilo-limoneuse. Les caractéristiques physiques telles que, la capacité au champ (CC), le point de flétrissement permanent (PFP) et la densité apparente (Da) sont présentées au Tableau 1. Les données relatives à la teneur en eau à la saturation et à la conductivité hydraulique à la saturation par couche de 20 cm d'épaisseur ont été estimées moyennant les fonctions de pédotransfert de Saxton et Rawls (2006). La variété Karim du blé dur (*Triticum durum desf.*) a été choisie comme matériel végétal pour l'expérimentation à Mornag. Elle est la plus utilisée par les céréaliculteurs du pays et est connue par sa bonne adaptation sous régime pluvial et irrigué.

Le dispositif expérimental a été établi sur des parcelles de grande dimension dans le but de se mettre à des conditions comparables de l'agriculteur avec trois répétitions durant les campagnes agricoles 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008 et 2008-2009. Les dates de semis du blé ont été effectuées au mois de Novembre pour les quatre années expérimentales avec deux essais en semis tardif en 2005-2006 et 2006-2007. Les dates de semis durant les campagnes 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009 ont été respectivement les 22/11/2005, 18/11/2006, 20/11/2007 et 21/11/2008. Pour les essais à semis tardif, les dates correspondantes sont réalisés le 17/01/2006 (2005/2006 LS) et 12/12/2006 (2006/2007 LS).

Le semis a été réalisé à raison de 350 grains/m<sup>2</sup> et le poids de 1000 grains et les quantités de semences (kg) semées durant quatre années expérimentales sont présentées au Tableau 2. Au moment de la levée de la culture, le nombre de plants apparus à la parcelle ont été calculés sur 1 m<sup>2</sup> de surface. Le taux de germination est calculé par le rapport entre le nombre de plants mesurés à la levée de la culture et le nombre de grains par m<sup>2</sup> au moment du semis. Ce dernier est calculé en fonction de la quantité totale de grains semés (kg/ha) et par la mesure du poids des 1000 grains.

La durée de la phase initiale du cycle de développement du blé a été caractérisée en fonction de la somme des températures ou somme des degrés jours (GDD). Le GDD est calculé de la manière suivante :

$$GDD = T_{moy} - T_{base}$$

Avec,  $T_{moy}$  est et  $T_{base}$  sont respectivement les températures moyenne et de base de l'air (°C). La  $T_{base}$  est la température en deçà de laquelle le développement de la culture cesse. Dans ce contexte, une température maximale ( $T_{max}$ ) critique à partir de laquelle, le développement de la culture est aussi bloqué. Hsiao (2012) suggère que dans les régions méditerranéennes, les températures de base et maximale pour le blé de printemps sont respectivement de 0 et 26 °C. Les GDD ont été calculées selon l'approche de McMaster et Wilhem (1997) qui est la plus utilisée pour les céréales. Une fois  $T_{moy}$  est

calculée, on vérifie si cette température est entre  $T_{base}$  et  $T_{max}$ . Si  $T_{moy} < T_{base}$  donc,  $T_{moy} = T_{base}$  et si  $T_{moy} > T_{max}$  donc,  $T_{moy} = T_{max}$ .

Au semis, l'humidité du sol a été mesurée par la méthode gravimétrique sur 1m de profondeur à un pas de 10 cm. Les échantillons de sol ont été séchés à l'étuve à 105 °C jusqu'à stabilité de leur poids sec. Ensuite, les valeurs de l'humidité massique des échantillons ont été converties en unité volumique par le biais de la densité apparente pour chaque profondeur de sol.

Le stock hydrique initial du sol a été simulé par le modèle FAO AquaCrop (Raes et al, 2009 ; Steduto et al, 2009). Le modèle a été calibré et évalué durant la campagne 2006-2007 (Sghaier et al, 2013). La simulation du stock initial du sol commence le premier septembre de chaque campagne agricole. A cette date, le stock hydrique du sol (S) est supposé égal au point de flétrissement permanent sur 1 m de profondeur.

L'évaluation de la performance du modèle à simuler le stock hydrique initial du sol a été réalisé par le calcul de l'erreur quadratique moyenne (RMSE), du coefficient de détermination ( $R^2$ ) et du biais entre les valeurs simulées et observées du stock hydrique du sol à 1 m de profondeur.

**Tableau 2.** Valeurs de CC, PFP et Sat en pourcentage volumique et Da du sol à la station expérimentale de l'INAT à Mornag

Profondeur (cm)	CC (vol. %)	PFP (vol. %)	Da (g/cm <sup>3</sup> )	Sat (%)	Ksat (mm/jour)
0-20	38.4	21.0	1.45	45.3	148.8
20-40	35.6	21.5	1.47	44.5	116.2
40-60	35.7	21.9	1.50	43.4	103.9
60-80	35.7	21.9	1.53	42.3	103.9
80-100	34.6	21.1	1.58	40.4	105.6
Moyenne	36.0	21.5	1.51	43.2	115.7

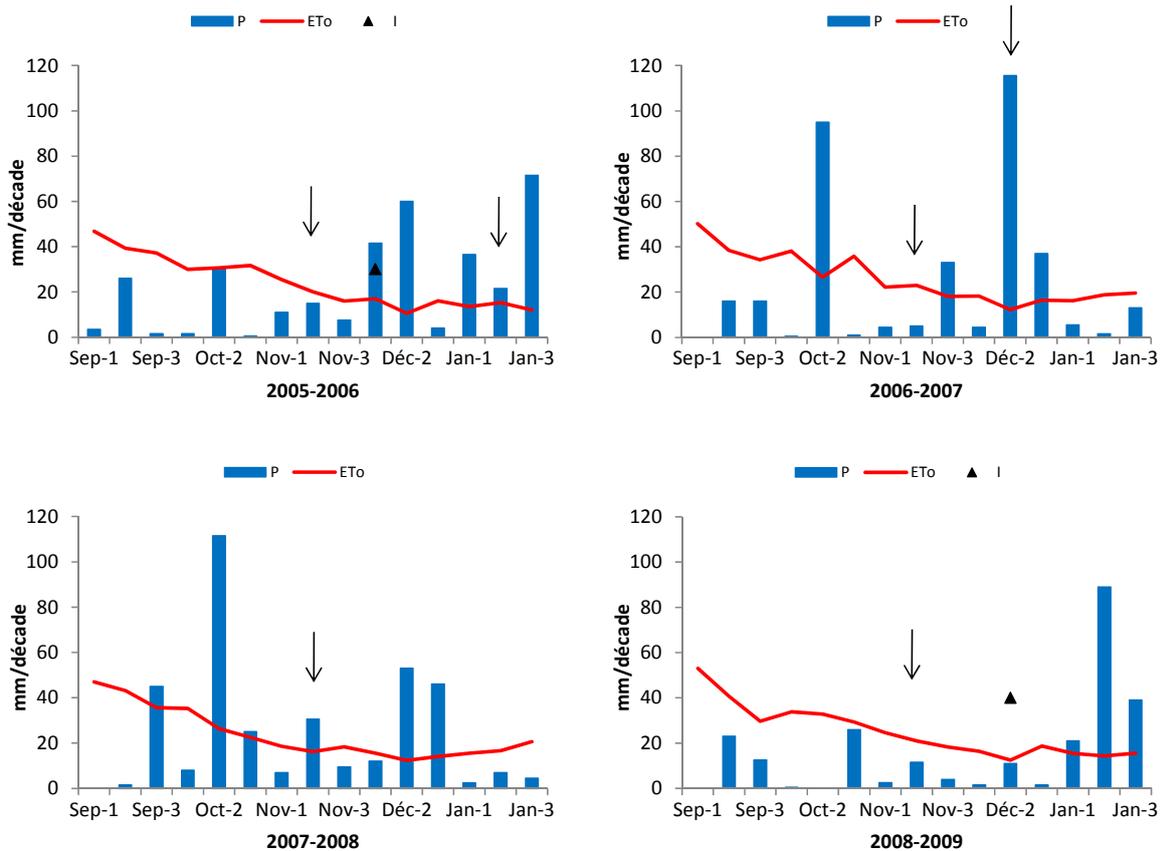
**Tableau 3.** Poids de 1000 grains (g) et quantités de semences utilisées (kg/ha) durant les quatre années expérimentales.

Année expérimentale	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009
Poids de 1000 grains (g)	51.5	45.0	48.3	52.9
Quantité de semences (kg/ha)	180	158	169	185

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### *Conditions hydriques durant la période pré semis-phase initiale*

Les apports hydriques décennaires enregistrés durant la période septembre-date de semis ont montré des variations interannuelles. La demande évaporative de l'air a présenté au contraire des niveaux comparables durant les quatre années expérimentales (Figure 1). Les pluies enregistrées à partir du mois d'octobre jusqu'à la date de semis ont présenté la variabilité la plus élevée entre les années avec des niveaux extrêmes de 117 et 450 mm respectivement en 2008/2009 et en 2005/2006 LS dont le semis a été réalisé le 17/01/2006. Ces conditions hydriques ont influencé sur l'état hydrique du sol à la surface et en profondeur, créant ainsi, différentes conditions de germination des semences du blé. En 2005/2006 et 2008/2009 deux irrigations de 30 et de 40 mm ont été respectivement nécessaires pour améliorer les conditions de germination de la culture.



**Figure 1.** Valeurs décadaires de la pluviométrie (P), de la demande évaporative de l'air (ETo) et de l'irrigation (I) en mm durant la période septembre-date de semis pour les campagnes 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008 et 2008/2009. Les flèches indiquent les dates de semis.

### ***Influence des conditions hydriques du sol superficielles sur la durée de la germination de la culture du blé***

En 2005-2006, les conditions hydriques initiales du sol ont été défavorables pour un bon démarrage de la culture. L'apparition des premières feuilles n'a pu se faire que vers le 03 décembre 2005. Ainsi, une irrigation d'appoint de 30 mm a été nécessaire pour améliorer les conditions de germination de la culture. Contrairement, l'essai tardif de la même campagne a été semé dans des conditions hydriques meilleures. En 2006-2007, les conditions initiales du sol ont été meilleures que la campagne précédente. Seulement, les conditions de germination ont été non plus défavorables. L'essai tardif de la campagne 2006-2007 a été semé dans des conditions hydriques favorables à la germination avec une quantité de pluie de 50 mm qui a été enregistrée juste après le semis (le jour même). Ces pluies ont rempli les stocks hydriques des couches superficielles du sol à presque à la saturation. En 2007-2008, les quantités de pluies enregistrées avant le semis ont rempli le réservoir sol et ont permis ainsi des bonnes conditions de germination. Alors qu'en 2008-2009, les faibles quantités de pluie enregistrées avant le semis, n'ont pas permis aux semences du blé à germer à la surface du sol. En conséquence, une irrigation d'appoint de 40 mm a été apportée le 18 décembre 2008. Cet apport a été jugé tard suite aux problèmes rencontrés au niveau de la disponibilité de l'eau d'irrigation avant cette date. La durée de germination a été choisie comme critère pour comprendre l'effet des conditions hydriques du sol en surface (10 cm de profondeur) sur la germination de la culture. Les sommes de températures en degré jours durant la période semis-levée à 90 % du nombre de plants (ce taux ne correspond pas au pourcentage de germination, il indique que 90 % parmi les plants totales levés ont germé) ont été liées aux conditions hydriques initiales du sol au semis (Tableau 3).

**Tableau 3.** Quantités d'eau stockée dans la couche 0-10 cm du sol au semis du blé, les apports hydriques de pluie (P) et d'irrigation (I) durant la période semis germination et la durée de la période de germination en degré jour (GDD) durant les campagnes expérimentales à Mornag.

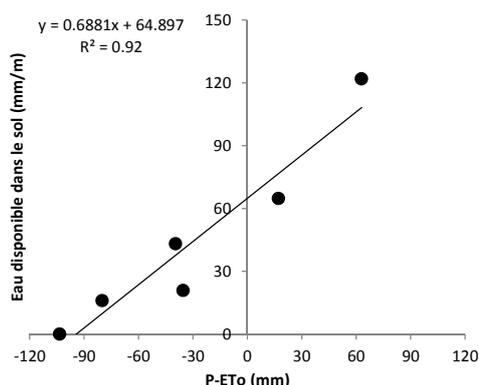
Campagne	S (mm/10 cm)	P+I semis-germination (mm)	GDD °jour
2005-2006	30	35	200
2006-2007	21	38	335
2007-2008	37	10	180
2008-2009	19	48	508
2005-2006 LS	35	105	194
2006-2007 LS	44	67	140

Les sommes de températures (°C jour) durant la phase semis-levée semblent varier en fonction de la teneur en eau dans la couche 0-10 cm du sol et des apports hydriques durant la période semis-germination. En 2006-2007 et 2008-2009, les teneurs en eau du sol ont été presque au point de flétrissement permanent avec des quantités respectives de 20.7 et de 18.9 mm. Ces niveaux d'humidité ont provoqué une élévation de la durée de cette phase avec respectivement des sommes de températures de 335 et 508 °jours. Ceci est en accord avec les travaux de Wuest et Lutcher (2012) qui ont constaté qu'en dessous du point de flétrissement permanent, la levée de la culture du blé n'a pas atteint 75 % de germination pendant 25 jours après le semis. En 2006-2007, des pluies significatives de 24 mm ont été enregistrées 10 jours après le semis permettant ainsi aux semences du blé à germer. En 2008-2009, les quantités de pluies n'ont pas dépassé 8 mm durant 23 jours après le semis. A 24 jours après le semis, une irrigation d'appoint de 40 mm a été appliquée et le blé a germé à 40 jours après le semis. Pour un niveau d'humidité du sol de en surface de 29.8 mm qui représente environ 50 % de l'eau disponible à la culture, la durée de cette phase est passée à 200 °jours. Dans des conditions de teneur en eau du sol en surface à la capacité au champ, la durée de la germination est passée à 180 °jours. A une teneur en eau du sol plus élevée comme le cas du semis tardif en 2006-2007, les pluies de 51 mm qui ont été enregistrées juste après le semis ont amené les 10 premiers cm du sol à presque à la saturation, la somme des températures durant la phase semis-germination est passée à 140 °jours. A priori, 140 ° jours est la durée potentielle en termes de GDD pour le blé dur de la variété Karim. Si on suppose qu'il existe une relation entre les sommes de températures et les conditions hydriques superficielles du sol est linéaire, les résultats montrent qu'à partir du point de flétrissement permanent, les apports hydriques supplémentaires dans la couche 0-10 cm du sol implique une diminution de la durée de la phase semis-germination. Les travaux antérieurs ont confirmé que la germination du blé peut se faire même en dessous du point de flétrissement permanent et que la vitesse et le taux de germination sont les deux paramètres qui varient en fonction du niveau d'humidité du sol dans la profondeur du semis (Ashraf et Abu-Shakra, 1978, Wuest et Lutcher, 2012). Les conditions hydriques dans les couches superficielles du sol influencent fortement les conditions de germination de la culture du blé. Une couverture rapide du sol permet de diminuer le taux de l'évaporation à la surface du sol. Et par la suite, une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau par les racines de la plante durant la phase initiale de développement de la culture.

### ***Estimation du stock hydrique initial du sol***

#### ***Bilan climatique***

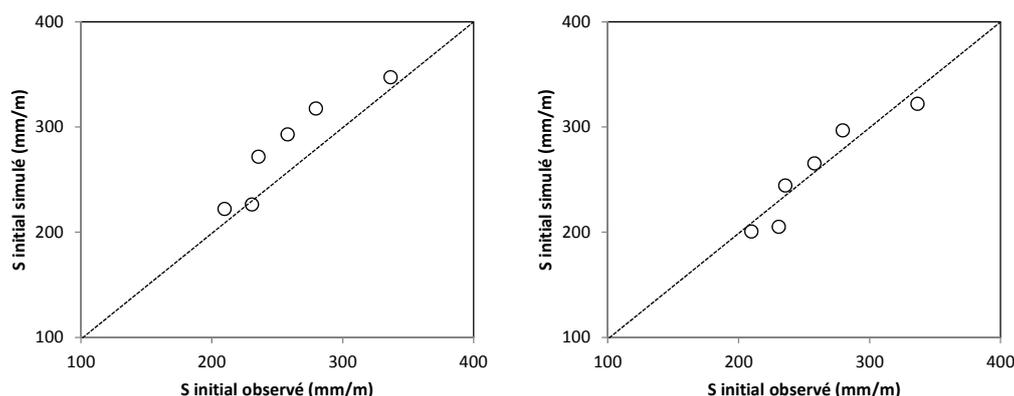
La mesure du stock hydrique dans un profil du sol permet d'évaluer les conditions de germination de la culture d'une part et de quantifier la quantité d'eau disponible aux racines de la culture pour son développement d'autre part. Le bilan climatique entre les apports hydriques (P) et la demande évaporative de l'air (ETo) permet d'estimer le stock hydrique du profil du sol au semis. Durant les quatre années expérimentales, la relation entre le bilan climatique et la quantité d'eau disponible du sol sur 1 m de profondeur est présentée à la Figure 2. Cette information montre que l'eau du sol sur 1 m de profondeur est potentiellement disponible à la culture à partir d'un bilan climatique supérieure à -90 mm à la station expérimentale de l'INAT à Mornag durant la période octobre-semis. Cette relation montre l'importance des pluies enregistrées avant le semis et jouent le rôle d'un réservoir hydrique aux racines de la culture. Ceci a été fortement apprécié durant la campagne 2007-2008 dont le stock hydrique disponible a été de 122 mm/m.



**Figure 2.** Relation entre la quantité d'eau disponible dans le sol (mm/m) avec le bilan climatique (P-ETo) en mm durant la période octobre-semis à la station expérimentale de l'INAT à Mornag.

### **Simulation du modèle AquaCrop**

L'utilisation du bilan climatique peut aider à quantifier la lame d'eau disponible sur tout le profil du sol à la date de semis du blé. Seulement, cette relation reste limitée à l'utiliser dans le sens qu'elle est fondée sur une approche statistique. L'utilisation d'un modèle agrométéorologique dynamique peut aider à comprendre la dynamique de l'eau et à quantifier le stock hydrique dans le profil du sol. Durant la période expérimentale, le modèle agrométéorologique de la FAO AquaCrop (Raes et al, 2009, Steduto et al, 2009) a été calibré et évalué pour la simulation de la culture du blé dur (Sghaier et al, 2013). Les simulations du stock hydrique du sol à la date de semis du blé ont été effectuées pour les campagnes 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009, 2005/2006 LS et 2006/2007 LS. Pour toutes les campagnes expérimentales, la simulation du modèle commence à partir du 01 septembre de chaque campagne. Le stock initial du sol qui sert à faire tourner le modèle a été supposé au point de flétrissement permanent sur 1 m de profondeur. Les résultats de simulation du modèle ont montré que les stocks hydriques du sol observés  $S$  (mm/m) ont été sous-estimés par rapport aux valeurs simulées (Figure 3) avec un biais de - 21.2 mm et un RMSE de 26.5 mm (10.3 %). Au cours de la période expérimentale, la mesure du stock hydrique  $S$  à la récolte du blé a montré des fentes de retraits à la surface du sol qui ont atteint 50 cm de profondeur en 2005/2006. Ceci mène à supposer que le niveau d'humidité du sol après la récolte et après la période estivale peut être en dessous du point de flétrissement permanent sur une profondeur de 50 cm. A ce titre, une deuxième hypothèse du stock hydrique initial au début de la campagne agricole de chaque année expérimentale a été testée. Cette hypothèse consiste à supposer que le niveau d'humidité du sol dans les 20 premiers cm du sol est à moitié du point de flétrissement permanent. Ceci a été suggéré par Allen et al (1998) pour estimer le niveau d'humidité du sol en contact avec l'air libre. De 30 à 50 cm de profondeur, le niveau d'humidité du sol augmente d'une manière linéaire jusqu'au point de flétrissement permanent à 60 cm de profondeur. Les résultats de simulation (Figure 3) ont montré que les stocks hydriques du sol observés  $S$  (mm/m) ont montré moins de déviation par rapport à la première hypothèse du stock hydrique du sol initial (Figure 4) avec un biais de 2.8 mm et un RMSE de 15.2 mm (5.9 %). Indépendamment de la qualité des résultats de simulation du stock hydrique initial du sol au moment du semis du blé, la simulation du stock hydrique  $S$  (mm/m) a été cohérente avec les mesures. Ceci traduit la performance du modèle à simuler le bilan hydrique en dehors de la période du cycle de développement de la culture.



**Figure 3.** Valeurs simulées et observées du stock hydrique du sol S (mm/m) à la date de semis avec la première hypothèse (à gauche) et la deuxième hypothèse (à droite) pour les campagnes 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008, 2008/2009, 2005/2006 LS, 2006/2007 LS

#### 4. CONCLUSION

L'effet des conditions hydriques dans les couches superficielles à la date de semis sur la durée de la germination du blé a été analysé. Les résultats ont montré qu'à partir du point de flétrissement permanent, les apports hydriques dans la couche 0-10 cm du sol influencent sur la durée de la levée de la culture. Au point de saturation hydrique dans les 10 premiers cm du sol, la durée de la germination du blé a montré une somme de température de 140 °jour. Ceci traduit la durée potentielle de germination du blé dur de la variété Karim. Pour des niveaux d'humidité du sol comparables au point de flétrissement permanent, la durée de la germination augmente et peut atteindre 508 °jour.

Connaitre le niveau d'humidité dans le profil du sol à la date de semis est promoteur pour évaluer la quantité du stock hydrique dans le profil du sol qui sera utilisée par la culture. Le bilan hydrique a montré sa cohérence pour atteindre cet objectif. Les variations interannuelles du bilan climatique durant la période septembre-date de semis ont pu expliquer les variations de la quantité d'eau disponible dans le sol sur 1 m de profondeur à raison de 92 %. Mais son caractère statistique, laisse son application que soit in situ ou ailleurs et dans d'autres conditions hydriques du milieu peu utile. D'un autre côté, l'utilisation du modèle agrométéorologique AquaCrop a montré sa cohérence dans la simulation du stock hydrique du sol (mm/m) à la date de semis. Ceci montre la performance du modèle à simuler le bilan hydrique du sol en dehors du cycle de développement de la culture du blé. Ce travail a été réalisé en adoptant deux hypothèses pour la quantité du stock hydrique du sol au début de chaque campagne agricole. La première hypothèse consiste à supposer que le stock hydrique du sol initial au début du mois de septembre est au point de flétrissement permanent. La deuxième hypothèse consiste à supposer que le stock hydrique du sol présente une quantité inférieure suite à la présence des fentes de retraits allant jusqu'à 50 cm de profondeur. Les résultats de simulation du bilan hydrique à la date de semis ont montré des biais de -21.2 et de 2.8 mm et des RMSE de 26.5 (10.3 %) et 15.2 mm (5.9 %) respectivement pour la première et la deuxième hypothèse.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen R G, Pereira L. S., Raes D., Smith M., (1998). Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements), FAO Irrigation and drainage paper 56, Rome.
- Ashraf C. M. and Abu-Shakra S. (1978). Wheat Seed Germination under Low Temperature and Moisture Stress. *Agronomy journal*. Vol. 70 No. 1, p. 135-139.
- Doneen L.D and Mc Gillworay J.H., (1943). Germination (emergence) of vegetable seeds as affected by different soil moisture conditions. *Plant Physiol*. 18: 524-529
- Gan Y., Stobe E.H., (1992). Moes J. Relative date of wheat seedling emergence and its impact on grain yield, *Crop Sci*. 32, 1275-1281.
- Hanks R.J. and Throp F.C., (1956). Seedling emergence of wheat as related to soil moisture content, bulk density, oxygen diffusion rate and crust strength. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc*. 20:307-310.

- Hsiao T.C., (2012). Herbaceous crops in crop yield response to water. FAO irrigation and drainage paper 66. Ed. Steduto P., Hsiao T.C., Fereres E. and Raes D. Rome.
- Khah E.M., Ellis R.H., Roberts E.H., (1986). Effects of laboratory germination, soil temperature and moisture content on the emergence of spring wheat, *J. Agric. Sci. (Camb.)* 107, 431–438.
- Lindstrom M.J., Papendick R.I., Koehler F.E. (1976). A model to predict winter wheat emergence as affected by soil temperature, water potential, and depth of planting, *Agron. J.* 68 137–141.
- McMaster, G. S. and W.W. Wilhelm (1997). Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology* 87: 291-300.
- Owen, P.C., (1952). The relation of germination of wheat to water potential. *J. Exp. Bot.* 3:188–203.
- Raes, D., P. Steduto, T.C. Hsiao, and E. Fereres. (2009). AquaCrop—The FAO crop model for predicting yield response to water: II. Main algorithms and soft ware description. *Agron. J.* 101:438–447.
- Saxton, K.E., and W.J. Rawls. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1569–1578.
- Sghaier N, Masmoudi M.M. et Ben Mechlia N., (2013). Paramétrage du modèle AquaCrop pour la simulation de la culture du blé dur. IV MEETING INTERNATIONAL Resources Management and Biotechnology Applications in Drylands and Saharan Cropping: Perspective for Sustainable Development in Arid Zones. 17-19 December 2013.
- Steduto, P., T.C. Hsiao, D. Raes, and E. Fereres. (2009). AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy. J.* 101:426–437.
- Wuest Stewart B., Lutcher Larry K. (2012). Soil Water Potential Requirement for Germination of Winter Wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 77:279–283
- Wilkens, P. and Singh U., (2001): A code-level analysis for temperature effects in the CERES models. *Modeling Temperature Response in Wheat and Maize*, J. White, Ed., CIMMYT, El Batan, Mexico, 1-7.

## Importance et comportement de la corète potagère (*Corchorus olitorius* L.) vis-à-vis du stress salin dans les conditions oasiennes.

Mansour Haddad

Laboratoire d'Aridoculture et Cultures Oasiennes, Institut des Régions Arides, Médénine, Tunisie

Email: mansour.haddad@ira.rnrt.tn

### RESUME

Ce travail a été initié pour dégager l'importance de la corète potagère (*Corchorus olitorius* L.) dans l'oasis de Chenini et étudier son comportement vis-à-vis la salinité. Les résultats de l'enquête faite dans cette oasis montrent que cette culture est intéressante car elle occupe le sol pour une durée très courte (60 à 70 jours) et permet une bonne valorisation de l'eau d'irrigation dont la disponibilité est de plus en plus limitée dans les oasis.

Nos essais expérimentaux sur l'influence de la salinité et sur la germination des graines de la corète indiquent que les concentrations de NaCl comprises entre 0 et 5 g.l<sup>-1</sup> permettent aisément l'obtention d'un pourcentage de germination qui dépasse facilement les 50 % en 24 heures. Des concentrations plus fortes engendrent une diminution de taux et de la vitesse de germination. L'étude de l'influence de la salinité sur la croissance de la corète a permis de mettre en évidence que cette espèce peut supporter des concentrations allant jusqu'à 6 g.l<sup>-1</sup> de NaCl. Par ailleurs, pour dégager la richesse de cette espèce en minéraux, notamment, en sodium phosphore et en potassium, les analyses chimiques ont révélé que les feuilles et les tiges en sont bien pourvues.

**Mots clés** : oasis, corète, salinité, germination, croissance.

### 1. INTRODUCTION

Les oasis sont des zones cultivées dans les milieux désertiques ou fortement marqués par l'aridité. La présence de l'eau dans ces régions constitue une ressource nécessaire pour assurer la continuité de la diversité agro écologique permettant une production végétale assez diversifiée. Les palmiers dattiers constituent le pivot du système oasien et favorisent le développement des cultures sous jacentes parmi lesquelles on trouve les cultures fruitières (grenadiers, olivier, vignes ...), les cultures légumières (piments, tomates, blettes, carottes ...), les cultures fourragères (luzerne, orge en vert et sorgho), et les cultures industrielles (henné et tabac et corète). Etant exploités depuis plusieurs siècles et d'une manière intensive, les sols oasiens ont subi plusieurs formes de dégradation dont les principales sont l'hydromorphie, la salinisation et la baisse de fertilité. En effet, l'engorgement des sols d'oasis en eau, suite à un mauvais drainage, ou son absence implique une élévation progressive de la nappe phréatique conduisant à un état de saturation excessive qui affecte l'activité racinaire. De plus, les eaux d'irrigation sont de plus en plus chargées en sels qui sont constamment véhiculés dans les couches profondes. Parmi les espèces les plus anciennement cultivées et les plus connues dans les oasis de Gabès figure la corète potagère (*Corchorus olitorius* L.), reconnue localement sous l'appellation de « Molokhiya ». C'est une plante d'origine africaine (Sukprokam et al., 2006), très répandue dans les régions tropicales, principalement le Sud et l'Est de l'Asie et l'Amérique du Sud (Ahmed et al., 1998). D'après Chopra et al., (1956), la corète est utilisée pour de nombreuses fins. En effet, elle présente : un intérêt commercial puisqu'elle est cultivée essentiellement pour ces fibres textiles (la fibre la plus forte après le coton) ; un intérêt alimentaire : les feuilles sèches sont utilisées dans l'alimentation humaine ; un intérêt thérapeutique : les graines sont utilisées comme purgatif et les feuilles comme tonique et diurétique.

En Tunisie, la corète est un légume feuilles, utilisée après séchage. Il s'agit d'une culture estivale avec un cycle végétatif très court permettant une source de revenus importantes pour les agriculteurs. Ces dernières années, dans les oasis littorales et suite à la raréfaction de l'eau, les superficies réservées à cette espèce se sont développées aux dépens d'autres cultures industrielles tels que le henné et le tabac. Dans ce contexte, les études scientifiques en rapport avec cette espèce sont rares. C'est en vue de mieux cerner le comportement de cette espèce en présence de sel dans les conditions oasiennes, que s'inscrit ce travail. L'étude a été réalisée dans l'oasis de Chenini, oasis très représentative des oasis littorales.

## **2. MATERIELS ET METHODES**

### **2.1. Enquête**

Ce travail a été entamé par une enquête qui a touché un échantillon de 50 agriculteurs oasiens ayant l'habitude de cultiver la corète pour dégager les superficies réservées à cette espèce, la durée moyenne de son cycle végétatif et l'estimation des rendements.

### **2.2. Effet du NaCl sur le comportement de la corète**

#### **2.2.1. Effet du NaCl sur la germination**

Les semences étudiées ont été collectées dans l'oasis de Chenini. Leur germination est réalisée dans une chambre de culture à une température de 22°C. Pour cela, 25 graines ont été réparties dans des boîtes de Pétri tapissées d'un double papier filtre imbibé d'eau distillée et additionnée ou non avec le chlorure de sodium (NaCl). Les traitements appliqués sont 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 g.l<sup>-1</sup>. Pour chaque traitement quatre répétitions ont été réalisées. Le comptage du nombre de graines germées se fait quotidiennement. Une graine est dite germée si la radicule perce le tégument (Côme, 1970). Les paramètres mesurés sont le pourcentage des graines germées et la vitesse de germination exprimée par le temps mis pour la germination de 50 % des graines.

#### **2.2.2. Croissance de la corète**

Les eaux d'irrigation rencontrées dans le Sud tunisien et utilisées aussi bien dans les oasis que dans les périmètres irrigués (PI) titrent jusqu'à 5 g.l<sup>-1</sup>. A partir de ce constat, quatre concentrations ont été testées : Témoin (L'eau d'irrigation utilisée dans l'oasis de Chenini titrant 2,5 à 3 g.l<sup>-1</sup> de Résidus Sec), 2, 4 et 6 g.l<sup>-1</sup>. L'effet de la salinité sur la croissance, a été réalisé sur cinq plants jumelés plantés dans des petites parcelles judicieusement séparées par un plastique pour éviter la diffusion latérale de l'eau.

Pour chaque traitement et sur chaque plante les paramètres suivants ont été observés :

- La hauteur des plantes et le nombre de feuilles déterminées, chaque semaine après 1 mois de la date de semis.
- La surface foliaire de la feuille médiane, déterminée à l'arrachage par la méthode de pesée.
- Le poids de la matière fraîche et le poids de la matière sèche des différents organes. Le poids frais de la plante entière a été déterminé après arrachage puis pesé par une balance de précision. Ensuite, la plante a été séparée en deux parties : partie aérienne et partie racinaire. La partie aérienne a été à son tour divisée en feuilles et tiges.
- La matière sèche de la partie aérienne est pesée et broyée à l'aide d'un mortier pour servir au dosage des éléments minéraux par les méthodes classiques d'analyse basées sur la photométrie et la spectrométrie.

Les différentes moyennes ont été comparées moyennant le test de Duncan au seuil de 5%.

## **3. RESULTATS ET DISCUSSION**

### **3.1. Importance de la corète dans les oasis**

L'enquête a montré que la superficie des exploitations varie de 4 ares à 470 ares, elle est d'environ 26 ares en moyenne avec un écart type de 67 ares. Les exploitations sont donc non seulement de petites tailles mais éparpillées mettant encore en relief ce problème foncier caractéristique des oasis. La corète potagère est l'une des principales cultures pratiquées durant la saison estivale, la durée de son cycle végétatif est de 60 à 75 jours. La surface moyenne réservée à cette espèce est de 5,62 ares avec un écart type de 8,60 ares, elle varie de 1 à 62,5 ares. Pour ce paramètre, trois groupes pourraient être dégagés : chez 60% des agriculteurs, la corète occupe 20 à 40% de la surface des exploitations. 20% des agriculteurs réservent une superficie inférieure à 20% pour la culture de la corète, alors que les 20% restants cultivent la corète sur 40 à 50% de la superficie de leur exploitation (Tableau1).

**Tableau 1.** Importance de la corète dans les parcelles prospectées.

% d'agriculteurs visités	20	60	20
% de surface réservée à la corète	< 20	20 à 40	40 à 50

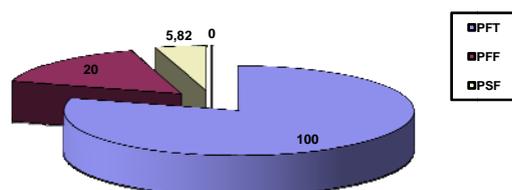
### 3.2. Densité de plantation et rendement de la corète

La densité de plantation par m<sup>2</sup> a été déterminée lors de l'échantillonnage. Le nombre moyen de plantes par m<sup>2</sup> est de l'ordre de 121. Cependant, il existe une variabilité dans la densité de plantation chez les agriculteurs (Tableau 2).

**Tableau 2.** Variation de la densité des plantations (DP) chez les Agriculteurs

Densité de plantation (m <sup>2</sup> )	< 100	< 150	DP > 150
Nombre de parcelles	5	3	4

La valeur moyenne du poids de la matière fraîche d'une tige est de 28,85 g. En se basant sur la densité adoptée par les agriculteurs, le rendement frais de cette culture serait de 34,860 tonnes/hectare. Le poids moyen de la matière fraîche de feuilles par m<sup>2</sup> est de 698.53 soit 6.98 tonnes/hectare. La partie réellement consommable, après séchage et broyage ne représente que 203 g/m<sup>2</sup> soit 2,03 tonnes/hectare, soit 5,82 % de la biomasse totale (Figure 1). Malgré le faible pourcentage de la partie réellement consommable, il s'avère que la corète est une spéculation intéressante puisqu'elle génère une production intéressante sur une période d'environ deux mois par an. En 2008, le prix moyen d'un Kg de corète broyé sur l'exploitation est de 5 DT.



**Figure 1.** Proportion de la partie consommable à l'état frais et après séchage par rapport à la biomasse totale formée (PFT: poids frais total, Pff: poids frais des feuilles et PSF: poids sec des feuilles).

### 3.3. Effet du NaCl sur le comportement de la corète

#### 3.3.1. Pourcentage de germination

Les résultats de l'évolution du taux de germination de la corète sous différents niveaux de concentration saline allant de 0 g.l<sup>-1</sup> jusqu'à 10 g.l<sup>-1</sup> sont illustrés par la figure 2. L'analyse de cette figure montre que la corète présente des taux de germination élevés qui peuvent atteindre 97% même pour des fortes concentrations salines. En l'absence de sel, le maximum de germination est atteint rapidement lorsque les graines sont imbibées d'eau distillée (traitement témoin). Au bout de trois jours, la germination atteint 95 %. La présence de concentrations croissantes du sel provoque une diminution de la capacité germinative des semences chez la corète. Pour les concentrations 1, 2, 3, 4 et 5 g.l<sup>-1</sup>, les taux de germination sont comparables par rapport au témoin. Ce n'est qu'à partir de 6 g.l<sup>-1</sup> que le taux de germination est affecté pour chuter bien particulièrement pour la concentration 10 g.l<sup>-1</sup>, qui a entraîné une réduction du pourcentage de graines germées de 70 % par rapport au témoin.

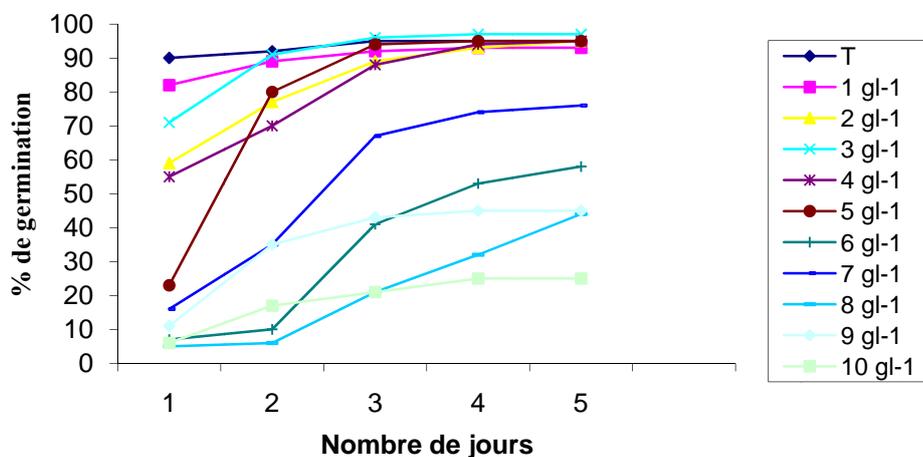


Figure 2. Evolution du taux de germination journalier sous l'effet de différentes concentrations salines.

### 3.3.2. Vitesse de germination

Le temps nécessaire pour atteindre 50 % de la germination ( $T_{50}$ ) en fonction de différentes concentrations de NaCl est illustré par la figure 3. L'analyse de cette figure montre que 50 % des graines germées sont atteints très rapidement après 12 heures pour les concentrations témoin et 1 g.l<sup>-1</sup>. Pour les concentrations 2, 3 et 4 g.l<sup>-1</sup>, la germination de 50 % des graines est atteinte après une journée. Pour les concentrations 5, 6, 7 et 8 g.l<sup>-1</sup>, ce taux est atteint respectivement après 48, 72, 60 et 72 heures. Cependant, pour les concentrations 9 g.l<sup>-1</sup> et 10 g.l<sup>-1</sup>, 45 et 25 graines uniquement ont été germées après 5 et 4 jours, respectivement.

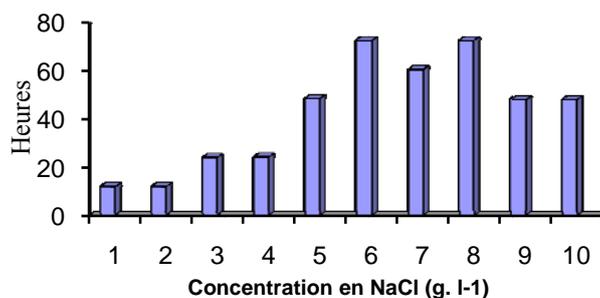
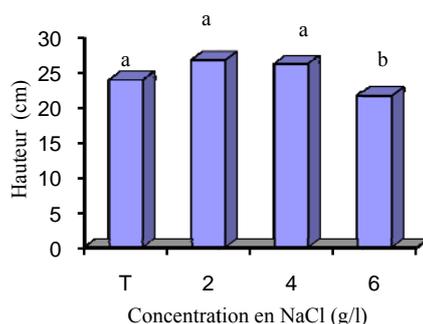


Figure 3. Le temps nécessaire pour atteindre 50 % de la germination (en fonction de différentes concentrations de NaCl)

### 3.3.3. Effet du NaCl sur le comportement de la corète

#### Hauteur

Les valeurs moyennes de la croissance en hauteur sont présentées par la figure 4. L'analyse des données a révélé des différences significatives entre les traitements. Deux groupes ont été distingués. Un premier groupe formé par le traitement témoin et les concentrations 2 et 4 g.l<sup>-1</sup> et un deuxième groupe formé par le traitement 6 g.l<sup>-1</sup>.



**Figure 4.** Effet des différentes concentrations de Na Cl sur la croissance en hauteur : (T: témoin; 2: 2 g.l<sup>-1</sup> ; 4 : 4 g.l<sup>-1</sup> et 6: 6 g.l<sup>-1</sup>)

### **Nombre de feuilles et surface foliaire**

L'effet des différents traitements sur la variation du nombre moyen de feuilles par plante et de la surface foliaire est représenté dans le tableau 3. L'examen de ce tableau montre que pour le traitement témoin, ainsi que pour le traitement 2 g.l<sup>-1</sup>, les valeurs moyennes du nombre de feuilles sont très proches, soient 22,46 et 22,02 respectivement. Cependant, l'irrigation avec une eau titrant 6 g.l<sup>-1</sup> a présenté un effet dépressif sur la production des feuilles avec une réduction de 28 % par rapport au témoin.

Les valeurs moyennes de la surface foliaire de la feuille médiane pour les différentes concentrations salines sont présentées dans le tableau 3. Ce tableau montre un effet dépressif du sel sur la surface foliaire de la feuille médiane. En effet, ce paramètre est affecté d'une façon significative en présence des concentrations croissantes de sel dans le milieu de culture. La valeur maximale de la surface foliaire est obtenue pour le traitement 2 g.l<sup>-1</sup> avec une valeur de 12,36 cm<sup>2</sup> sans que la différence ne soit significative avec le témoin. L'effet dépressif du sel est remarquable pour la concentration de 6 g.l<sup>-1</sup> avec une réduction d'environ 66,8 % par rapport au témoin.

**Tableau 3.** Effet des différentes concentrations de NaCl sur le nombre de feuilles

NaCl (g.l <sup>-1</sup> )	T	2	4	6
Nombre de feuilles	22,457 a	22,029 a	19,6b a	16,143 b
SFM (cm <sup>2</sup> )	10,09 a	12,36 a	5,29 b	3,34 b

SFM : Surface foliaire de la feuille médiane. Les valeurs affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test de Duncan.

### **Matière fraîche totale formée**

La variation de la phytomasse moyenne produite par plante en fonction de différentes concentrations salines est illustrée par la figure 5. Cette figure montre que la production en matière fraîche atteint son maximum pour le traitement témoin, soit 52 g. Pour les concentrations 4 g.l<sup>-1</sup> et 6 g.l<sup>-1</sup>, une réduction de 33,4 % à 37,7 % par rapport au témoin a été respectivement enregistrée.

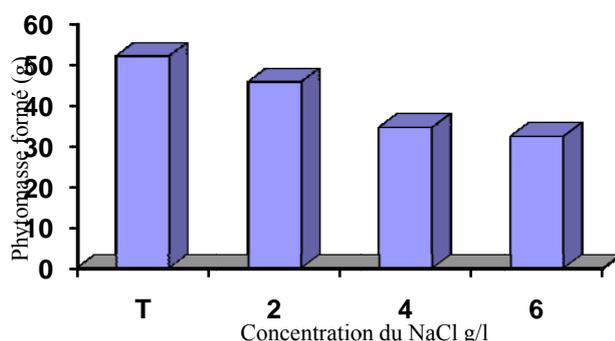


Figure 5. Effet des différentes concentrations de NaCl sur la Phytomasse moyenne produite par plante.

### ***Matière fraîche foliaire***

La variation de la phytomasse foliaire moyenne par plante en fonction des différentes concentrations du sel est illustrée par la figure 6. L'examen de cette figure montre une légère baisse de la production de la matière fraîche foliaire formée avec l'augmentation de la concentration en sel. En effet, la production maximale est enregistrée pour le traitement témoin avec une production de 9 g alors que pour le traitement 6 g.l<sup>-1</sup>, la production est de 6.6 g. Cependant, statistiquement les différences ne sont pas significatives au seuil de 5 %.

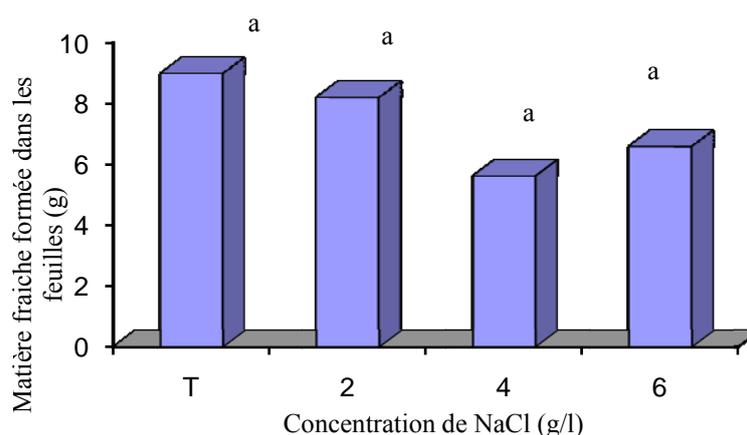


Figure 6. Effet de différentes concentrations de NaCl sur la matière fraîche foliaire moyenne produite par plante.

### ***Nombre de capsules et nombre de graines par capsule***

La variation du nombre de capsules formées et du nombre de graines par capsule par plante en fonction de différentes concentrations salines est représentée dans le tableau 4. L'examen de ce tableau montre que la production de capsules est significativement affectée par la présence du sel. En effet cette production est maximale pour le traitement témoin (T). En présence du sel, on remarque une régression progressive de nombre de capsules en fonction des concentrations, cette régression est significativement plus importante pour le traitement 6 g.l<sup>-1</sup> puisqu'il y a une réduction d'environ 44,5 % par rapport au témoin. Ce tableau indique aussi que le nombre de graines par capsule est de 159 et 142 graines/capsule pour le traitement témoin et pour le traitement 4 g.l<sup>-1</sup> respectivement. Pour la concentration de 6 g.l<sup>-1</sup>, il y a une diminution de nombre des graines de l'ordre de 34,6 % par rapport au témoin.

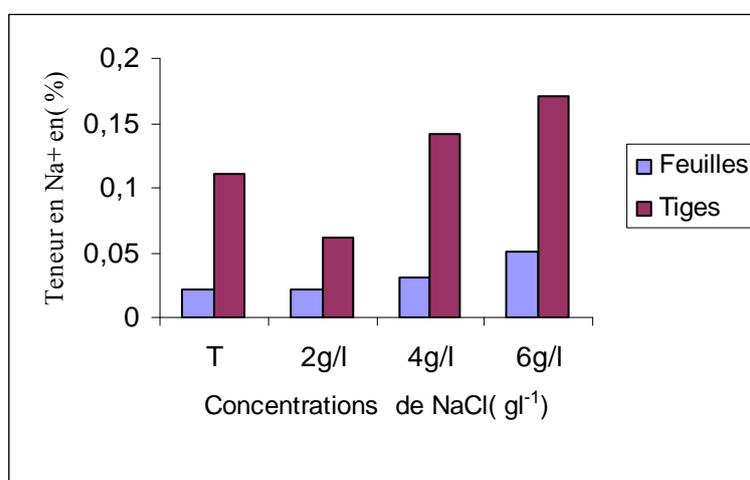
**Tableau 4.** Effet de différentes concentrations de NaCl sur le nombre moyen de capsules formées par plante.

NaCl (g.l-1)	T	2	4	6
Nombre moyen de capsules/ plante	12,6 a	8,2 ab	8,6 ab	7 b
Nombre de graines /capsule	159 a	115 b	142 a	104 b

### 3.4. Influence de NaCl sur la composition minérale de la corète

#### 3.4.1. Teneur en sodium

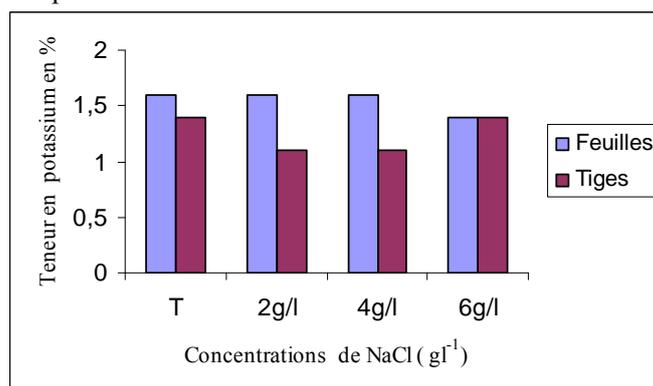
Les teneurs en sodium des feuilles et des tiges en fonction de différentes concentrations salines sont portées par la figure 7. Cette figure montre que l'augmentation de la concentration du sel a entraîné une augmentation de la teneur en  $\text{Na}^+$  au niveau des feuilles surtout pour la concentration de  $6 \text{ g.l}^{-1}$  avec une valeur qui a dépassé  $0,051 \text{ g}/100 \text{ g}$  de matière sèche foliaire. Une accumulation remarquable du  $\text{Na}^+$  dans les tiges a été observée pour tous les traitements.



**Figure 8.** Effet des différentes concentrations du NaCl sur la teneur en sodium dans les feuilles et dans des tiges de la corète.

#### 3.4.2. Teneur en potassium

Les teneurs en potassium en fonction de différentes concentrations salines sont illustrées par la figure 8. L'examen de cette figure montre que la teneur en potassium dans les tiges et les feuilles de la corète, n'a pas été affectée par les concentrations testées.



**Figure 8.** Effet de différentes concentrations du NaCl sur la teneur en potassium dans les feuilles et dans des tiges de la corète.

#### 3.4.3. Teneur en phosphore

La variation de la teneur en phosphore des feuilles et des tiges de la corète potagère en fonction de différentes concentrations salines est illustrée par la figure 9. Les résultats montrent que l'augmentation de la concentration en NaCl n'a pas d'effet sur la variation de la teneur en phosphore. Les teneurs enregistrées sont très proches pour les traitements testés.

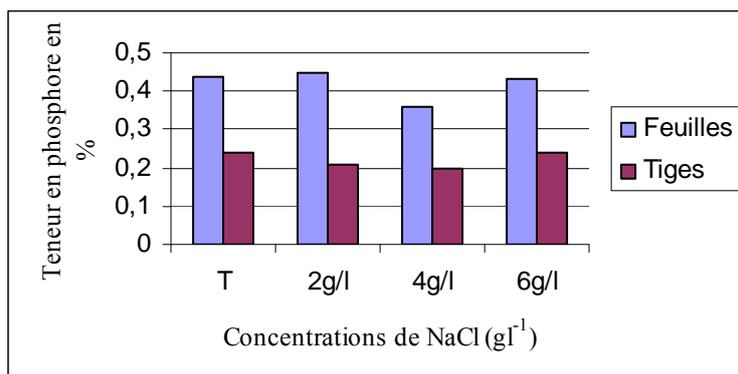


Figure 9. Variation de la teneur en phosphore en fonction de différentes concentrations salines

#### 4. CONCLUSION

La réponse des plantes au stress salin pendant les premiers stades de leur développement a été étudiée par plusieurs auteurs (Rumbauch et Pendery (1990), Abdelly (1992), Vadel (1994), Belhadj (2004). Nos résultats sur la corète ont montré que la présence du sel dans le milieu d'imbibition en phase germinative entraîne une diminution significative du nombre de graines qui germent et un retard dans l'initiation de ce processus. Ainsi, à partir de 8 g.l<sup>-1</sup> il y a une réduction de 51 % par rapport au témoin, cette réduction est plus remarquable pour la concentration 10 g.l<sup>-1</sup> dont le taux de germination est de 25 %. De plus, la vitesse de germination est ralentie en fonction de la salinité vu que le temps nécessaire pour la germination de 50 % des graines augmente en fonction de la concentration dans le milieu et passe de moins de 24 heures pour le traitement de 0 g.l<sup>-1</sup> pour atteindre 96 heures pour le traitement 6 g.l<sup>-1</sup>. Les concentrations les plus élevées n'excèdent pas les limites de 50 % des graines germées.

Par ailleurs, l'étude de l'influence de la salinité sur la croissance de la corète a permis de mettre en évidence son comportement vis-à-vis de cette contrainte. Il s'avère que cette espèce peut tolérer des concentrations allant jusqu'à 6 g.l<sup>-1</sup> de NaCl. La tolérance de la salinité par cette espèce a été signalée par Duke (1978). Ainsi, on observe une légère diminution de la croissance en hauteur des plantes en présence des concentrations les plus élevées, notamment pour 6 g.l<sup>-1</sup>. La salinité croissante entraîne un effet dépressif sur la surface foliaire de la corète tout en précisant que la corète est cultivée pour la production des feuilles dans les oasis. En effet, pour la concentration saline la plus élevée 6 g.l<sup>-1</sup>, une réduction de 66,8 % par rapport au témoin a été enregistré. Plusieurs auteurs montrent que la croissance foliaire est plus affectée par la salinité que celle des racines c'est le cas de l'orge (El Mekkaoui 1990), le Sorgho (Bernstein et al, 1993) et le blé (El Mekkaoui, 1990).

En outre, la salinité affecte la production des fruits. En effet, pour une concentration du sel de 6 g.l<sup>-1</sup> il y a une réduction de capsules de 44 % par rapport au témoin.. Outre, le nombre de capsules, la salinité affecte la production des graines. En effet, pour le traitement 6 g.l<sup>-1</sup> il y a eu une réduction de 34 % par rapport au témoin.

En plus de son effet sur les paramètres de la croissance, le sel provoque une diminution des paramètres de la croissance pondérale. En effet, la salinité provoque une diminution de la phytomasse totale formée sur cette espèce, on enregistre une réduction de 37 % par rapport au témoin pour une concentration de 6 g.l<sup>-1</sup>. La matière fraîche et sèche foliaire de la corète est affectée par la salinité croissante mais cette réduction est considérée non significative même pour une concentration de 6 g.l<sup>-1</sup>. Il est à mentionner aussi que les feuilles de la corète sont bien pourvues en sodium, en potasse et en phosphore.

La courte durée du cycle végétative de la corète, la production qu'elle génère et sa relative tolérance à la salinité de l'eau, constituant la contrainte majeure dans le Sud tunisien, plaident en faveur de cette espèce qui mérite d'être mieux étudiée pour la développer d'avantage dans ces conditions.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-Abdelly C. (1992) : Réactions aux contraintes nutritionnelles des principales herbacées du tapis végétal en bordure de sebkha. Thèse de spécialité, Faculté de sciences de Tunis, 252 pages.

- Ahmed, A. Ali, Z. Ali , F. F.T. Baqai and F.N Zafar (1998). Cycloarane triterpene glucoside from *Corchorus depressus*. *Phytochemistry*, 49, 829-834.
- Belhadj S. (2004) : caractéristiques et étude de l'effet du stress salin sur la germination et la croissance de la luzerne (*Medicago sativa L.*) cultivée à Gabès. Diplôme de maîtrise Sciences de l'environnement. Fac. Sc. Bizerte. 86p.
- Bernstein N, Lauchli A, Silk Wk (1993). Kinematics and dynamics of sorghum (*Sorghum bicolor L.*) leaf development at various Na/Ca salinities.I. Elongation growth. *Plant physiol.* 103,1107-1114.
- Chopra .R.N, Nayar. S. L. and Chopra, I.C. (1956) .Glossary of Indian medicinal plants., Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi.
- Duke, J, A. (1978) : The quest for tolerant germplasm. P.1-61. In: ASA Special symposium 32, Crop tolerance to suboptimal land conditions .Am. Soc. Agron. Maison, WI.
- El Mekkaoui M (1990). Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé (*T. durum Desf.*) et l'orge (*H.vulgare L.*) : recherche de tests précoces de sélection .Thèse Doct. En .Sc. Agr., USTL, Montpellier, 191p.
- Rumbauch M.D. & Pendery. B.M.(1990): Germination salt resistance of alfalfa (*Medicago sativa L.*) Germoplasm in relation to subspecies and centers of diversity. *Plant and soil* 124,47-51.
- Sukprakam, S., S. Juntakool, R. Huang, and T. Kalb. (2006). Comment produire et conserver ses propres semences – un guide pour les producteurs. Publication AVRDC no ;06- 686. AVRDC- the word vegetable center, Shanhua, Taiwan. Iv +22pp.
- Vadel A.M. (1994) : Germination et croissance du triticale: Interaction de la salinité et de la température .DEA. Physiologie végétale. FST. Uni. Tunis II, 51 pages.



## Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines du *Chamaerops humilis* L. var *.argentea* André (Arecaceae)

<sup>1,2</sup>Médjati Nadjat, <sup>2,3</sup>Hasnaoui Okkacha, <sup>1,2</sup>Hachemi Nouria, <sup>1,2</sup>Babali Brahim, <sup>1,2</sup>Bouazza Mohamed

<sup>1</sup>Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, bp119, 13000 Algérie. Email : najah400@hotmail.fr

<sup>2</sup>Laboratoire d'écologie et gestion des écosystèmes naturels

<sup>3</sup>Université Dr Tahar Moulay, Saïda, 20000 Algérie. Email : okhasnaoui2001@yahoo.fr

### RESUME

Les conditions de régénération du *Chamaerops humilis* L., (Arecaceae), espèce Sud-Ouest méditerranéenne est compromise par une forte inhibition tégumentaire de ses graines. Des traitements par le prétrempage dans l'eau distillée, la scarification manuelle, mécanique et chimique (acide sulfurique), ont été appliqués aux semences du *Chamaerops humilis* L., fraîchement récoltées de la zone de Beni Snous (Mont de Tlemcen). La germination des graines sans traitement (témoin) est traduite par une bonne aptitude germinative (72%) et par une durée de germination nettement plus longue (46 jours). Le prétrempage dans l'eau distillée ne paraît pas avoir un effet significatif sur le taux et la durée de germination par rapport aux graines sèche (témoin) ( $p \geq 0.05$ ). Par ailleurs, La scarification manuelle a amélioré très nettement la capacité germinative de l'espèce (92%), en relevant aussi bien la durée de germination (16 jours). Toutefois, la scarification mécanique des graines du *Chamaerops humilis* n'a donné qu'un faible taux de germination (42%). Le traitement des graines à l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) s'avère affecter le taux de germination, mais cet effet est varié en fonction de la concentration de l'acide. Globalement, le pourcentage de germination a évolué respectivement de 77 à 92%. La valeur optimale de 92% correspond à la concentration de 96%.

**Mots clé :** Arecaceae, *Chamaerops humilis* L., germination, inhibition tégumentaire,

### SUMMARY

The regeneration conditions of *Chamaerops humilis* (Arecaceae), species southwest Mediterranean is threatened by a strong tegumentary inhibition of its seeds, we analyzed as a preliminary study the germination behavior of the species in order to plan subsequently for protection and sustainable use of this natural resource through synchronization and homogenization of germination. In this context and to optimize *Chamaerops humilis* seed germination and to overcome and remove the obstacle of tegumentary inhibition, the treatments by soaking in distilled water, manual, mechanical and chemical scarification ( $H_2SO_4$ ), were applied to the seeds of *Chamaerops humilis* freshly harvested in the Beni Snous area (Tlemcen Mountain- Algeria). Seed germination without treatment (control) is represented by a good germination capacity (72%) and a significantly longer duration of germination (46 days). Soaking in distilled water does not seem to have a significant effect on the rate and duration of seed germination compared to dry seeds (control) ( $p \geq 0.05$ ). Manual scarification improved germination capacity clearly the species (92%), while no change was seen in the germination duration (16 days). However, mechanical scarification of seeds gave only low germination rate (42%). Seed treatment with sulfuric acid has been found to affect the rate of germination, but this effect is varied depending on the concentration of the acid. Overall, the germination percentage has changed from 77 to 92%. The optimal value of 92% corresponds to a concentration of 96%.

**Keywords:** Arecaceae, *Chamaerops humilis* L., germination, tegumentary inhibition.

### 1. INTRODUCTION

Les Arecaceae selon certaines sources représentent la 3<sup>ème</sup> famille des végétaux les plus utilisés après les graminées et les légumineuses (Johnson *et al.* 1996). Cette famille comprend des palmiers d'importance économique ; tant que source de produits agricoles et aussi comme plantes ornementales très recommandé dans les projets d'aménagement paysager (Iossi *et al.* 2006). Ses espèces sont dispersées principalement près de l'équateur, dans les limites de 44 ° N et 44 ° 18'S (Henderson *et al.* 1995). Selon (Johnson *et al.* 1996), l'Afrique possède la diversité de palmiers la plus réduite parmi toutes les zones tropicales du monde. L'un des genres de palmiers rencontrés en Afrique est le genre *Chamaerops*. Sachant qu'une seule espèce *humilis* se rencontre dans le pourtour méditerranéen et principalement dans la partie occidentale de l'Algérie (Maire 1957, Quezel et Santa 1962). Dans

l'ouest Algérien, *Chamaerops humilis* L., occupe une place primordiale par son abondance et son dominance sachant qu'il entre dans la construction de la structure et l'architecture de nombreux groupements végétaux. Néanmoins, les conditions climatiques difficiles qu'a connues l'Algérie occidentale en particulier la région de Tlemcen, combinée de la prolifération de l'action anthropozoogène entraînent une continuelle régression à ce patrimoine phytogénétique. Cependant, ce taxon est menacé dans certaines parties de la région (Hasnaoui *et al.* 2006).

Le rôle utilitaire du *Chamaerops humilis* a été signalé par plusieurs auteurs, outre son utilisation potentielle à la régénération de la couverture végétale dans les zones arides et son application comme plante ornementale dans les chaudes régions balnéaires, ce palmier a été traditionnellement utilisé à d'autres fins (López, 1982 ; Font Quer, 1988 ; Mabblerley, 1990 ; Rivera and Obon de Castro, 1991 ; Hasnaoui *et al.* 2011). Les feuilles de la plante adulte ont été utilisées dans la vannerie pour fabriquer des nattes, paniers de portage, et balais. Les jeunes feuilles sont fermées traitées avec du soufre pour les rendre plus douces et souples, et sont ensuite utilisées pour plus fins travaux (Merlo *et al.* 1993).

Par ailleurs, la croissance lente de ce palmier peut retarder sa production car, il a été estimé d'exiger de 2 à 3 mois pour germer (Blombery et Rodd, 1988 ; Hasnaoui *et al.* 2006). Des prétraitements destinés à lever d'éventuelles inhibitions tégumentaires ont été appliqués aux semences de *Chamaerops humilis* L., qui présente de faibles pourcentages de germination comme l'on montré Merlo *et al.* (1993) et Hasnaoui *et al.* (2006). D'autant plus, renforcer le taux de la germination, raccourcir le délai germinatif et mettre en évidence la valeur de chaque prétraitement dont l'objectif d'une protection et utilisation durable de cette ressource naturelle, via une synchronisation et homogénéisation de la germination.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Matériel végétal

Les graines utilisées au cours de cette étude ont été recueillies en septembre 2011 sur des pieds de *Chamaerops humilis* L., dans la zone de Béni Snous (Monts de Tlemcen). Elles ont été ensuite sélectionnées soigneusement après un tri morphologique ; les graines choisies sont de couleur rouge brun ; cette couleur atteste la maturité physiologique des graines. Cet indicateur de maturité des graines a été aussi évalué par le test de flottaison. Ce test consiste à plonger les graines dans l'eau pendant 24 heures, les bonnes graines plongent tandis que les graines mortes flottent.

### 2.2. Méthodes

Les tests de germination ont été réalisés au laboratoire, sur des graines décortiquées et fraîchement récoltées de *Chamaerops humilis* L., dans un phytotron maintenu à 25°C. Car, la température optimale de germination du *Chamaerops humilis* L., oscille entre 20 et 30°C (Ishihata, 1974).

Pour l'ensemble de l'expérimentation, les semences ont été désinfectées pendant quelques minutes à l'hypochlorite de sodium à 1% suivie par 3 rinçages à l'eau distillée, pour éviter le risque de contamination en particulier par les champignons. Ensuite, elles ont été disposées dans des boîtes de pétri en plastique de 9 cm de diamètres garnies de 2 couches de papier filtre imbibées par 5 cm<sup>3</sup> d'eau distillée. Chaque essai a porté sur 100 graines, réparties en 5 répétitions de 20 semences.

Afin de déterminer les conditions optimales de germination, plusieurs essais de germination ont ensuite été réalisés en soumettant les graines à divers traitements préliminaires :

Le prétrempage dans l'eau distillée pendant 24, 48 et 96 heures, ces derniers non seulement améliorent l'absorption d'eau (Robertson et Small, 1977) mais éliminent aussi les graines inhibiteurs de la germination (Heller *et al.* 1990).

La Scarification ; incision superficielle du péricarpe dur, afin de permettre l'échange gazeux et l'imbibition d'eau (Holmquist & Popenoe, 1967 ; Nagao *et al.* 1980 ; Odetola, 1987). Elle a été réalisée de 3 façons différentes : manuelle, mécanique et chimique. (i) *La scarification manuelle* ; elle se fait à l'aide d'une lame de rasoir, on enlève une partie du péricarpe charnu, jusqu'à ce que l'albumen devienne visible (Figure 1). (ii) *La scarification mécanique* ; c'est le même processus mais beaucoup plus rapide dont les graines sont placées dans un mixeur électrique pendant 2 à 3 minutes. (iii) *La scarification chimique* ; ce procédé consiste à immerger les graines dans l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à différentes concentrations 10%, 30%, 50%, 70% et 96% pendant 5 min.

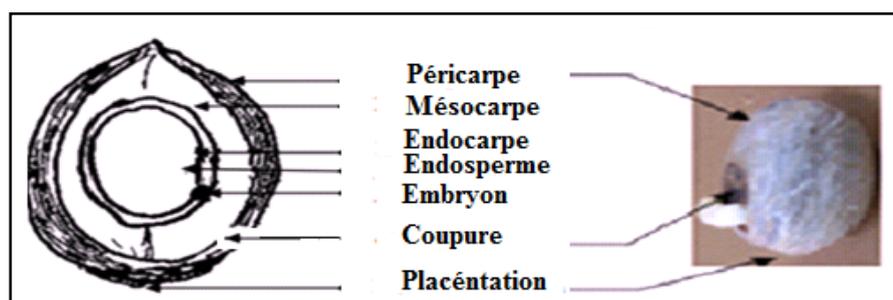


Figure 1. Position de la scarification manuelle.

Après chaque essai, les graines ont été lavées avec l'eau distillée à plusieurs reprises. Pour chacun de ces traitements, les résultats ont été comparés avec un témoin, dont lequel les graines ne subissent aucun traitement préalable. Le suivi des essais est étalé sur 2 mois, le comptage des graines ayant germées et dont la radicule a percé les téguments s'effectue tous les deux jours.

Les analyses statistiques de nos résultats ont été réalisées à l'aide de logiciel informatique le *Minitab15* ; l'analyse de variance, suivie de la comparaison de moyenne par le test de Tukey au seuil de 5 %, ont été réalisées.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les critères et les paramètres de germination tel que définis par Evenari (1957) et Côme (1968) ont été utilisés pour exprimer les résultats obtenus en ce qui concerne le taux de germination ou capacité germinative ou encore pouvoir germinatif, le temps de latence ou le délai germinatif, la durée et la vitesse de germination. Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux 1 et 2.

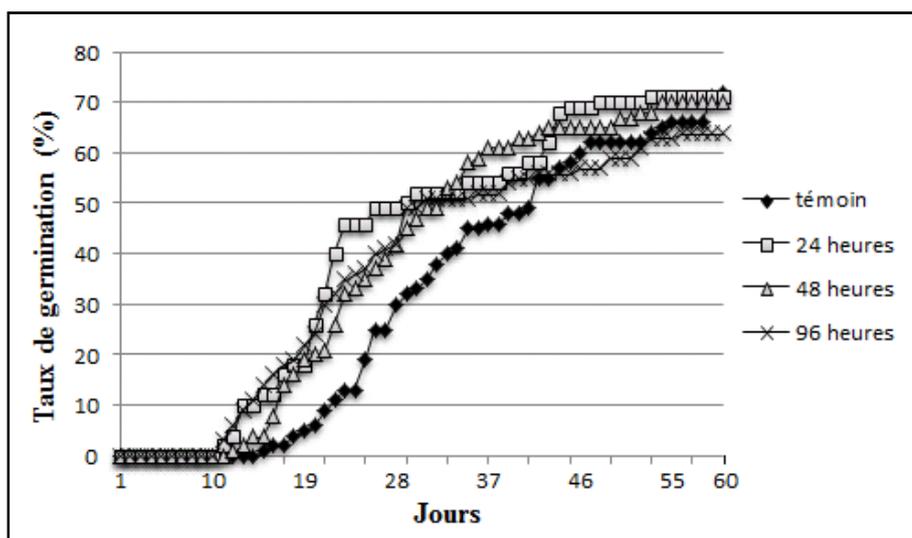
#### 3.1. Influence des prétrempages dans l'eau distillée

Les variations de capacité germinative durant 2 mois du *Chamaerops humilis* L., en fonction des différents prétrempages dans l'eau distillée illustrant dans la figure 2, montre que le taux de germination, le temps de latence et la durée de germination n'ont pas variés significativement pour ces différentes durées de prétrempage dans l'eau distillée. En revanche, ces prétrempages appliqués ont permis d'accélérer la vitesse de germination par rapport aux graines sèche (témoin). Pour ces dernières, il faut attendre 42 jours pour que 50% des graines du *Chamaerops humilis* L., aient germés tandis que pour les prétrempages de 24, 48 et 96 heures la vitesse de germination est respectivement de 29, 32 et 30 jours (Tableau 1).

C'est ainsi que l'analyse de la variance (ANOVA) montre un effet non significatif de ces prétrempages dans l'eau distillée sur la germination des semences étudiée ( $p \geq 0.05$ ).

Tableau 1 : Comparaison des taux, délais, durées et vitesses de germination du *Chamaerops humilis* L. pour chacun des prétrempages dans l'eau distillée

Traitement	Taux de germination (%)	Délai germinatif (jours)	Durée de germination (jours)	Vitesse de germination (jours)
Témoin	72	15	46	42.00
Scarification				
Manuelle	92	9	16	18.00
Mécanique	42	8	42	-
Chimique ( $H_2SO_4$ )				
10%	77	9	40	33.00
30%	84	8	36	22.00
50%	84	10	39	20.00
70%	90	9	40	26.00
96%	92	9	25	20.00



**Figure 2.** Influence de prétrempage dans l'eau distillée sur l'évolution du taux de germination des graines du *Chamaerops humilis* L.

**Influence de la scarification:**

La scarification (*manuelle, mécanique*) des graines du *Chamaerops humilis* L., a donné les résultats notés dans tableau 2 et illustrés par la figure 3. Ces résultats montrent que la scarification à la lame de rasoir a amélioré très nettement la capacité germinative de l'espèce (92%), en relevant aussi bien la vitesse que la durée de germination par rapport aux graines non traitées (témoin). Toutefois, la scarification mécanique des graines n'a donné qu'un faible taux de germination (42%). En outre, de l'analyse des données, il ressort que la scarification manuelle et mécanique ont permis aux graines d'avoir un temps d'attente plus court par rapport aux graines non scarifiées (témoin).

Tableau 2. Comparaison des taux, délais, durées et vitesses de germination du *Chamaerops humilis* L., pour les différents moyens de la scarification (manuelle, mécanique et chimique)

Traitements	Taux de germination (%)	Délai germinatif (jours)	Durée de germination (jours)	Vitesse de germination (jours)
Témoin	72	15	46	42.00
Prétrempage dans l'eau distillée				
24 heures	71	12	43	29.00
48 heures	70	12	43	32.00
96 heures	64	11	46	30.00

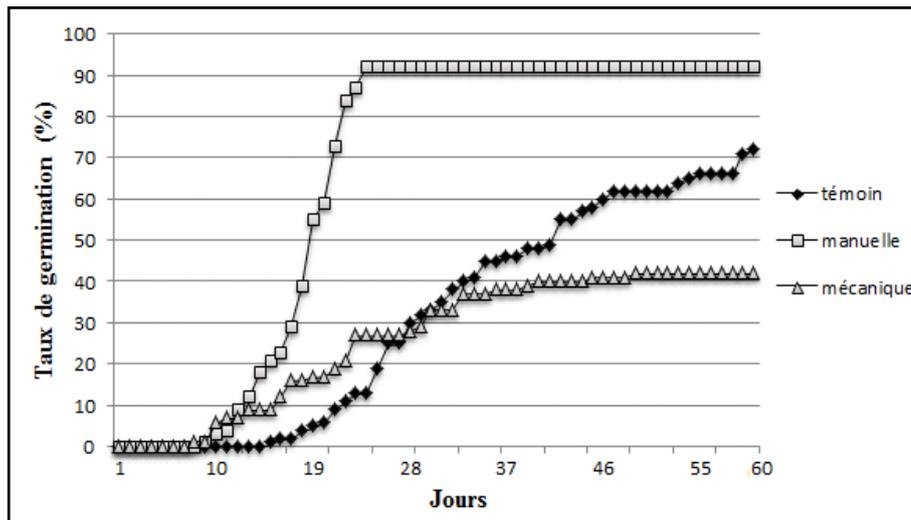


Figure 3. Influence de la scarification manuelle et mécanique sur l'évolution du taux de germination des graines du *Chamaerops humilis* L.

Cependant, les données de la figure 4, illustrent l'effet des concentrations croissantes en  $H_2SO_4$  sur la capacité germinative du *Chamaerops humilis* L., pendant 5 min, montrent que ce traitement par l'acide sulfurique s'avère affecter le taux de germination, mais cet effet est varié en fonction de la concentration de l'acide. En effet, les concentrations croissantes de ce dernier (10%, 30%, 50%, 70%, et 96%) ont eu un effet positif. Le pourcentage de germination a évolué respectivement de 77 à 92%. La valeur optimale de 92% correspond à la concentration de 96% (Tableau 2). L'analyse de la variance (ANOVA) montre un effet hautement significatif de l'acide sulfurique sur la germination ( $p \leq 0.05$ ).

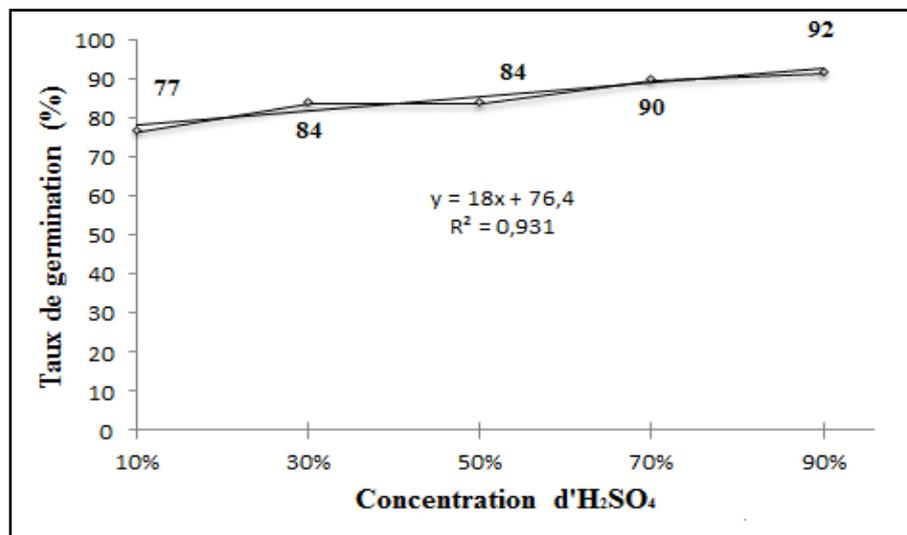


Figure 4. Evolution de faculté germinative des graines du *Chamaerops humilis* L., en fonction des concentrations croissantes d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ).

#### 4. CONCLUSION

Les résultats obtenus ont montré une assez bonne aptitude à la germination des semences du *Chamaerops humilis* L., fraîchement récoltés. Il est probable qu'une partie de cet écart entre le délai germinatif et la capacité germinatif de ces graines en comparaison avec la littérature s'explique par leur taux d'humidité initiale. Toutefois, il faut noter que les phénomènes physiologiques qui

accompagnent la germination dépendent aussi bien des caractéristiques intrinsèques de la semence. L'étude comparative de l'aptitude à germer des graines de palmier doum (*Chamaerops humilis* L.) a montré que la scarification des graines à la lame de rasoir, de même que leurs immersion dans l'acide sulfurique à 96% se sont révélés les prétraitements les plus efficaces. Par ailleurs, Il sera nécessaire de vérifier que le traitement par l'acide sulfurique n'a pas d'effet dépressif sur la vigueur des graines de *Chamaerops humilis* L., et d'évaluer, aux diverses durées de trempage, le temps optimal de traitement. Cependant, des essais de germination périodiques à entreprendre restent encore à définir par le biais d'études à long terme dans le but de tester la viabilité et la capacité de germination des semences en fonction de la durée après récolte.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blombery A, Rodd T. (1988). An informative, practical guide to palms of the world. Their cultivation, care and landscape use. Angus & Robertson Publishers.
- Font Quer P. (1988). Las plantas medicinales, Dioscrides renovado, 11<sup>a</sup>Ed. Labor, Barcelona.
- Hasnaoui O, Bouazza M, Benali O, Thinon M. (2011). Ethno Botanic study of *Chamaerops humilis* L. Var. *argentea* Andre (Arecaceae) in western Algeria: *Agricultural journal*, 6, 1816-9155.
- Hasnaoui O, Bouazza M, Thinon M. (2006). Contribution à l'étude de la régénération naturelle de *Chamaerops humilis* L.var.*argentea* André dans les zones arides et semi-arides de la région de Tlemcen (Algérie occidentale) : *Bull. Soc. linn. Provence*, 57, 27-31.
- Heller R, Esnault R, Lance C. (1990). *Vegetal physiology shorter*.4<sup>th</sup> Edn. Vol.II. Masson Publishers, Paris, pp. 92-107.
- Henderson A, Galeano G, Rodrigo B. (1995). *Field guide to the palms of the Americas*. Princeton, Princeton University Press, 351 p.
- Holmquist J, Popenoe J. (1967). The effect of scarification on the germination of seed of *Acrocomiacrispa* and *Arengaengleri*: *Principes*, 11, 23-25.
- Iossi E, Moro F, Sader R. (2006). Seed Anatomy and germination of *Phoenix roebelenii* O'Brien (Arecaceae): *Revista Brasileira de Sementes*, 28, 121-128.
- Ishihata K. (1974). Studies on the morphology and cultivation of palms: *Bulletin of the faculty of Agriculture*, Kagoshima university, 24, 11-23.
- Johnson, D& the IUCN/SSC palm specialist group.(1996). Palms: their conservation and sustained utilization. Status survey and conservation action plan.
- Lopez G. (1982). *La guia de Incafo de los irboles y arbustos de la Peninsula Ibérica*. Incafo, Madrid.
- Mabberley D.J. (1990). *The plant-book. A portable dictionary of the higher plants*. Cambridge University Press.
- Maire R. (1957). *Flora of North Africa*. Vol. 4, Le chevalier Edition, Paris, France, 196 p.
- MerloM, Alemán E, Cabello J, Penas J. 1993. On the mediterranean Fan palm (*Chamaerops humilis*): *principes*, 37, 151-158.
- Nagao M.A, Kanegawa K, Sakai W.S. (1980). Accelerating palm seed germination with gibberellic acid, scarification, and bottom heat: *Hort Science* 15, 200-201.
- Odetola J.A. (1987). Studies on seed dormancy, viability, and germination in ornamental palms: *Principes* 31, 24-30.
- Quézel P. Santa S. (1962). *Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales* (New Flora of Algeria and southern desert areas). Vol. 1, C. N. R. S., Paris, France, 1178 p.
- Rivera D, Obon C. (1991). *La guia INCAFO de las plantas itiles y venenosas de la Peninsula Ibérica y Baleares* (excluidas medicinales). Incafo, Madrid.
- Robertson B.L, Small J.G.C. (1977). Germination of *jubaeopsis caffra* seeds: *principes*, 21, 114-22.

## Effet de la fertilisation avec du Di-Ammonium Phosphate (DAP) sur le comportement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) dans les conditions oasiennes

Haddad Mansour  
Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie  
Email : Mansour.haddad@ira.rnrt.tn

### RESUME

Le présent travail, mené dans l'oasis de Chenini (Sud-est tunisien) dans le but d'étudier les effets d'une fertilisation avec le Di-Ammonium Phosphate (DAP) sur l'orge, a permis de retenir que la germination de l'orge se fait très rapidement avec une eau enrichi de fertilisant riche en azote et en phosphore. Cette espèce présente des taux de germination élevés qui peuvent atteindre les 100% au bout d'un jour. Avec les eaux de drainages dont on pourrait en faire recours en cas de perturbations des tours d'eau dans les oasis, la germination ne dépasse pas les 84 %. Le suivi de l'effet du DAP sur les paramètres de croissance et l'analyse des minéraux a permis de retenir que le DAP augmente la vigueur des racines, la précocité, la biomasse fraîche, la biomasse sèche ; le hauteur, le nombre de grains et le poids des épis. Par conséquent, le recyclage de la fertilisation du sol oasien qui est intensivement cultivé, devrait se faire régulièrement. Les teneurs du phosphore, du potassium et du sodium dans les parties de la plante sont proches de ceux indiquées dans la bibliographie. Enfin, le DAP quoiqu'il renferme quelques traces d'impuretés il répond aux normes internationales.

**Mots-clés :** Analyse, croissance, germination, DAP, oasis, orge

### SUMMARY

This work was conducted in the oasis of Chenini (south-east of Tunisia) in order to study the effect of fertilization with DAP on barley. Results show that the germination of barley is very quickly. It reaches 100 % after one day. With drainage water that could be used in case of disturbances of water frequency in the oases, germination does not exceed 84 %. In addition, the effect of DAP on growth parameters and mineral analysis allowed the increases the roots vigorous, earliness production, fresh biomass, the plant height, the number of grains on ears and their weight compared to the control treat. These soils should be enriched by amendments and fertilizers to improve their fertility. Level content of phosphorus, potassium and sodium in the different part of the plant are similar to those mentioned in the bibliography.

**Key words:** Analysis, growth, germination, DAP, oasis, barley

### 1. INTRODUCTION

En Tunisie, les oasis sont cantonnées dans le Sud Est et Ouest. Elles couvrent environ 42 mille hectares. Ces oasis sont intensivement cultivées. Lors des dernières années, ce système de culture a commencé de perdre ses performances à cause de la manifestation de divers processus de dégradation du sol (Bousnina, 2004). L'amélioration de la fertilité du sol est parmi les facteurs fondamentaux qui contribuent à la durabilité des oasis. Pour faire face à ce problème et rétablir la productivité des cultures, les agriculteurs font recours à des fertilisations en utilisant différents engrais organique et chimique. Le Di-Ammonium Phosphate (DAP) est parmi les engrais chimique les plus utilisés dans les oasis de Gabès (Haddad, 2007). Ce fertilisant de formule chimique  $(\text{NH}_3)_2\text{H}_3\text{PO}$  est un engrais composé sous formes de granules, il fournit à la plante deux éléments essentiels l'azote et le phosphore. L'azote joue un rôle essentiel pour la plante tout au long de son cycle de développement. Cet élément est fondamental dans la composition des plantes, il représente 1 à 2 % de la matière sèche. Il est transformé dans la plante en acides aminés puis en protéines indispensables pour l'alimentation des animaux et de l'homme (Heller et al 1998). Le phosphore est un composant structurel important des acides nucléiques ADN (acide désoxyribonucléique) et ARN (acide ribonucléique), des coenzymes, des phosphoprotéines, des phospholipides et des glycérophosphates. Il est nécessaire à la prolifération des racines et à la maturation des fruits, particulièrement les céréales (Gagnon et Beaulieu 2002). Le

DAP est un engrais de fond, il est le plus souvent utilisé pendant la période de semis. Cet engrais est largement pratiqué dans des conditions anarchiques et mal définies en termes de doses et effets sur les cultures (Haddad.2007).

L'orge est parmi les céréales d'hiver et de printemps les plus cultivées dans le contexte oasien. Cette espèce assure la production d'un fourrage très recherché. Mélangé avec le foin de la luzerne, il forme un ratio alimentaire équilibré pour l'alimentation du cheptel. Les grains entrent dans l'alimentation des animaux et la consommation humaine. Cette étude a été initiée pour étudier les effets du DAP, tel que pratiqué par les oasiens, sur le comportement d'une culture d'orge.

## 2. MATERIELS ET METHODES

Pour atteindre les objectifs de ce travail des tests de germination et un essai en pots ont été réalisés :

### 2.1. Les tests de germination

Les tests de germination ont été réalisés avec 5 traitements différents dans des boîtes de pétri, à raison de 25 graines / boîte dans les conditions du laboratoire (Température : 22,7°C, lumière : 0,01 w/m<sup>2</sup> et humidité : 70 %).

Les traitements réalisés sont ainsi codés : Eau de robinet (ER), eau distillée (ED), eau de drainage (Edr), eau distillée + diamonium phosphate (EDDAP) et eau distillée + Ammonitrate (EDAm). Chaque traitement a été répété quatre fois.

Il est à noter que dans des périodes de manque d'eau dans les oasis, il est possible d'utiliser les eaux drainées et que certains agriculteurs substituent le DAP par l'ammonitrate c'est pour cette raison que ces deux traitements ont été testés.

Les observations ont porté sur le nombre de graines germées et la vitesse de germination.

### 2.2. L'essai en pot

Cet essai a été réalisé dans les conditions de l'oasis de Chinini, située à l'ouest de la ville de Gabés. Le climat de cette oasis et sous l'influence double de la mer et du désert. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 200 mm, elle est caractérisée par son irrégularité dans l'espace et par le caractère orageux des précipitations. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 20,8°C. La température maximale moyenne mensuelle est de l'ordre de 24°C et la température minimale moyenne mensuelle est de l'ordre 15,5 °C. L'amplitude thermique moyenne varie de 8 à 9 °C pour les différents mois. Les principaux vents soufflant sur cette oasis sont les vents marins de l'Est qui sont doux et humides ; les vents continentaux de l'ouest qui sont toujours secs soufflant à des vitesses qui peuvent dépasser les 15 km/h et les vents du Sud « sirocos » qui sont moins fréquents (30 jours par an en moyenne), entraînant l'abaissement de l'humidité de l'air et provoquant de graves dégâts sur les cultures ( Estivin, 2000). Les principales caractéristiques physiques et chimiques du sol du site expérimental sont résumées dans le tableau 1 (Gabsi, 2009).

**Tableau1.**Caractéristiques physiques et chimiques du sol du site expérimental

Granulométrie	Argile (%)	7,66
	Limons (%)	3,97
	Sable fin (%)	85,39
	Sable moyen (%)	2,35
	Sable grossier (%)	0,63
pH		9,29
Conductivité électrique (mS/cm)		31,56
Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> )		1,49
Densité réelle (g/cm <sup>3</sup> )		2,65
Porosité totale (%)		44
N (%)		0,36
P(ppm)		34,33
K (ppm)		924,33

L'essai a été conduit dans des pots en plastique ayant une capacité de 4,3 litres. Ces pots ont été remplis par du sol oasien enrichi, au moment du semis, avec 3 doses de DAP conformément au protocole expérimentale suivant :

- pots sont laissés comme témoin et contenant le sol oasien sans fertilisation.
- pots contenant le sol initial avec 2,5g de DAP.
- pots contenant le sol initial avec 3,75 g de DAP.
- pots contenant le sol initial avec 5g de DAP.

Ces pots reçoivent la même quantité d'eau à chaque fois que les besoins se font sentir.

Les effets de la fertilisation pratiquée sur le comportement de l'orge ont été évalués par l'observation des paramètres suivant :

En cours du cycle nous avons déterminé l'évolution hebdomadaire du nombre d'épis par traitement. A l'arrachage nous avons déterminé les paramètres suivant : La biomasse fraîche formée, la biomasse des racines, le poids des épis produits, le nombre de talles formés, la longueur des épis, le nombre des graines par épis la hauteur des tiges la biomasse des racines, des graines et de la paille après séchage à l'air libre et la matière sèche obtenue.

De plus nous avons déterminé les teneurs en phosphore (P), sodium (Na) et potassium (K) dans les différentes organes de la plante par spectrophotométrie et photométrie.

Les données recueillies ont été statistiquement traitées. Le test de Duncan de comparaison multiple des moyennes a été utilisé.

### **3. RESULTATS ET DISCUSSION**

#### ***- Effet de différents traitements sur la germination de l'orge***

La germination est le stade le plus critique du départ de développement des cultures. Elle se reproduit lorsque les facteurs écologiques, notamment la température et l'humidité sont favorables.

#### ***La capacité germinative***

Les résultats de l'évolution du taux de germination de l'orge avec les différents traitements eau de robinet (ER), eau distillée (ED), eau de drainage (Edr), eau distillée + diamonium phosphate (EDDAP) et eau distillée + ammonitrate ( EDAm) sont illustrés par la figure 1. L'analyse de cette figure montre que l'orge présente des taux de germination élevés. Au bout d'un jour, la germination atteint 100 % dans le cas des traitements EDAm et ED. Pour le traitement EDDAP le taux de germination ne dépasse pas 94 % ce qui nous mène à constater que le DAP perturbe la germination. Pour le traitement ER la germination ne dépasse pas 92 % et pour le traitement Edr, dont on pourrait en faire recours dans les conditions oasiennes en cas de perturbations des tours d'eau, la germination ne dépasse pas les 84 %.

#### ***La vitesse de la germination***

Le temps nécessaire pour atteindre 50 % de la germination (T 50) en fonction de différents traitements est illustré par la figure 1. L'analyse de cette figure montre que 50 % des graines germées sont atteints très rapidement pour les traitements ED, EDDAP et EDAm. Pour les traitements ER et Edr, cette vitesse est lente, les 50 % des graines ont germé après plus qu'une journée.

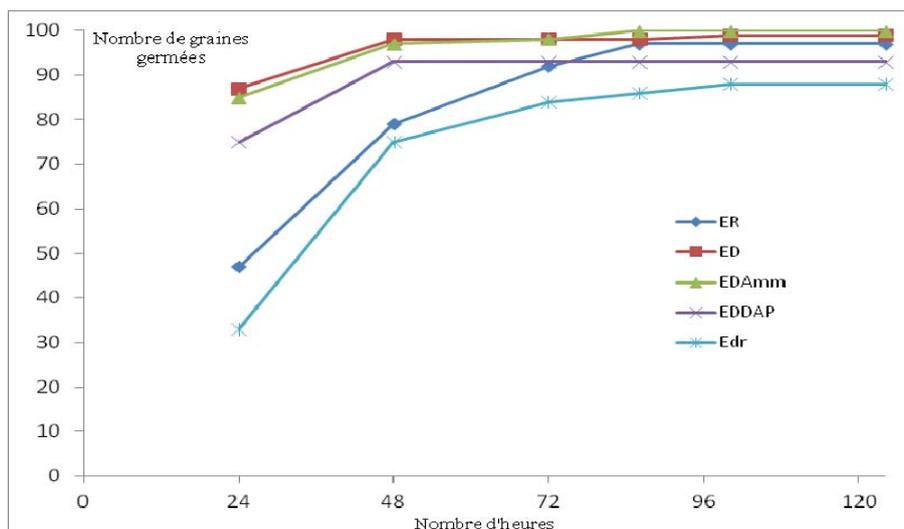


Figure 1. Evolution du pourcentage de germination en fonction du temps pour les différents traitements.

Les engrais azotés permettent d'accélérer la germination et facilitent le départ du développement de la culture de l'orge. Ils assurent « le coup de fouet » pour dire l'accélération de la croissance.

#### - Effet de différentes doses du DAP sur l'orge cultivé en pots Précocité

La précocité est estimée par l'évolution du nombre des épis au cours du temps. La variation la plus rapide est enregistrée pour la dose 5 g de DAP. Pour les deux autres doses 2,5 g de DAP et 3,75 g de DAP on remarque un chevauchement des courbes qui indique qu'on a presque la même précocité pour ces deux traitements. La variation du nombre d'épis au cours du temps pour le traitement témoin est plus lente que les autres traitements ce qui nous amène à dire que le DAP augmente la précocité de l'orge.

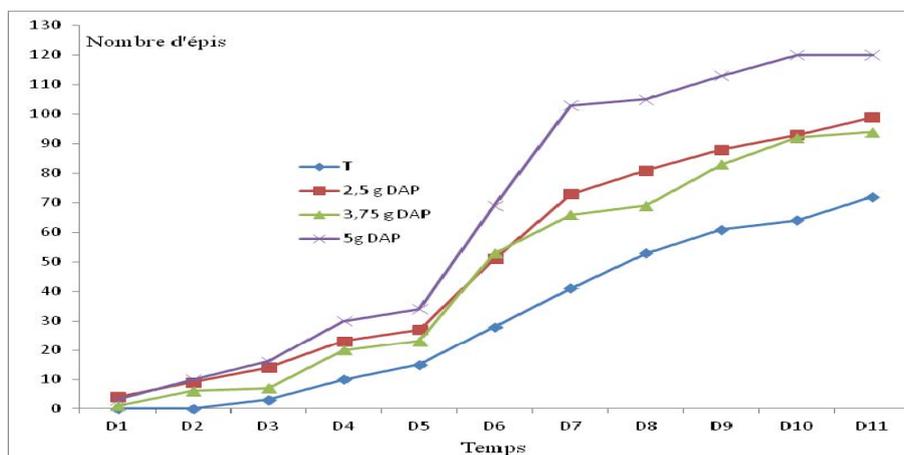


Figure 2. Effet de différentes doses de DAP sur la précocité de l'orge

#### Biomasse fraîche formée

La biomasse fraîche formée est présentée dans la figure 3. Le test de Duncan a révélé des différences significatives entre les traitements au seuil de 5 %. Les moyennes statistiques permettent de distinguer 2 groupes ; un groupe A regroupant les traitements 2,5 g de DAP, 3,75 g de DAP et 5 g de DAP et un groupe B qui est représenté par le traitement témoin. La biomasse fraîche de l'orge la plus importante est enregistrée pour la dose 5 g de DAP, puis pour la dose 2,5 g de DAP puis la dose 3,75g de DAP. La biomasse fraîche récoltée pour le traitement témoin est la plus basse.

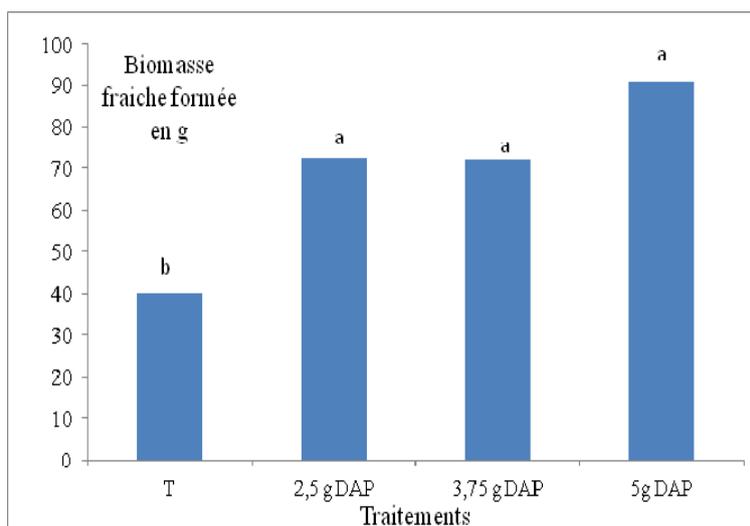


Figure 12. Effet de différentes doses sur la biomasse fraîches formées.

### Poids des épis formés

Le poids des épis est illustré par la figure 4. Les moyennes statistiques permettent de distinguer 3 groupes ; un groupe formé par le traitement 5 g de DAP, un groupe intermédiaire formé par les traitements 2,5 et 3,75 g de DAP et un dernier groupe représenté par le traitement témoin. Le poids des épis le plus élevé est enregistré par la dose 5 g de DAP. Le poids des épis produits pour les doses 2,5 g de DAP et 3,75g de DAP est presque le même. Le poids des épis récoltés pour le témoin est le plus bas ne dépasse pas la moitié du poids des épis produites dans le cas des doses 2,5 g de DAP et 3,75g de DAP.

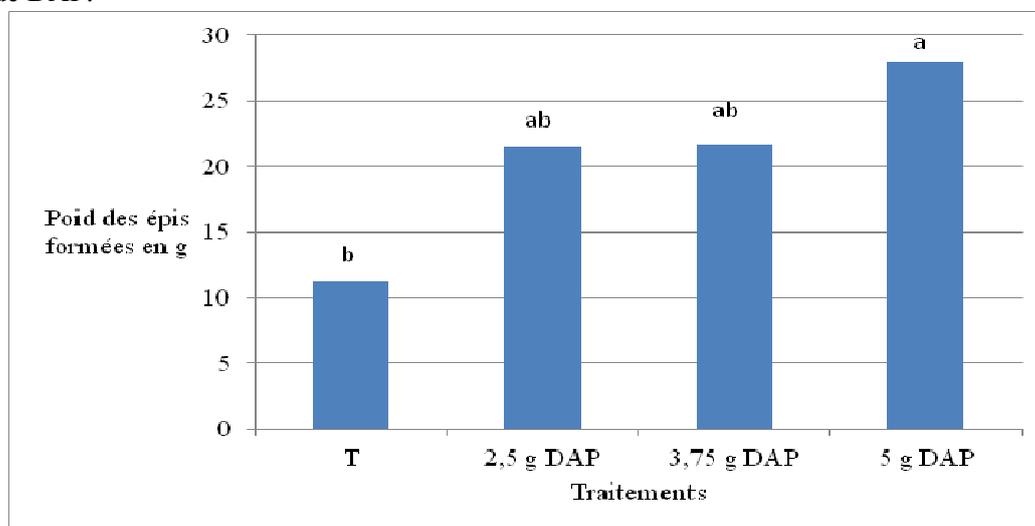


Figure 13. Variation du poids des épis sous l'effet de différentes doses de DAP.

### - Mesuration en fin d'essai

#### Paramètre de croissance et de production

Les valeurs moyennes de la longueur des tiges, la longueur des épis, le nombre de grains par épis et le poids des épis de l'orge sont présentées dans le tableau 2. Ce tableau montre que pour la longueur moyenne des tiges, le poids moyen des épis et le nombre de grains par épis, les traitements ont été classés en deux groupes. Le premier groupe est formé par le témoin et le second par les trois traitements du DAP testés qui ont engendré une amélioration par rapport au témoin mais sans qu'ils soient statistiquement différents entre eux. Concernant la hauteur des épis, les différences entre les différentes valeurs moyennes sont très hautement significatives. Les traitements ont été classés en quatre groupes : le premier est représenté par le traitement 5 g de DAP avec la valeur la plus élevée

(4,72 cm), un groupe intermédiaire formé par le traitement 3,75 g de DAP, un troisième groupe avec le traitement 2,5 g de DAP et un dernier groupe avec la valeur la plus basse pour le traitement témoin.

**Tableau 2.** Effet des différents traitements sur les valeurs moyennes de la hauteur des tiges (cm), la hauteur des épis (cm), le nombre de grains par épis et le poids des épis de l'orge (grammes)

	Témoin	2,5 g DAP	3,75 g DAP	5 g DAP
Hauteur des tiges	28,90 b	38,29 a	35,82 a	38,02 a
Hauteur des épis	3,06 c	4,02 b	4,23 ab	4,72 a
Nombre de grains par épis	17,14 b	23,14 a	26,31 a	26,08 a
Poids des épis	0,76 b	1,22 a	1,17 a	1,24 a

#### **Nombre des talles formés:**

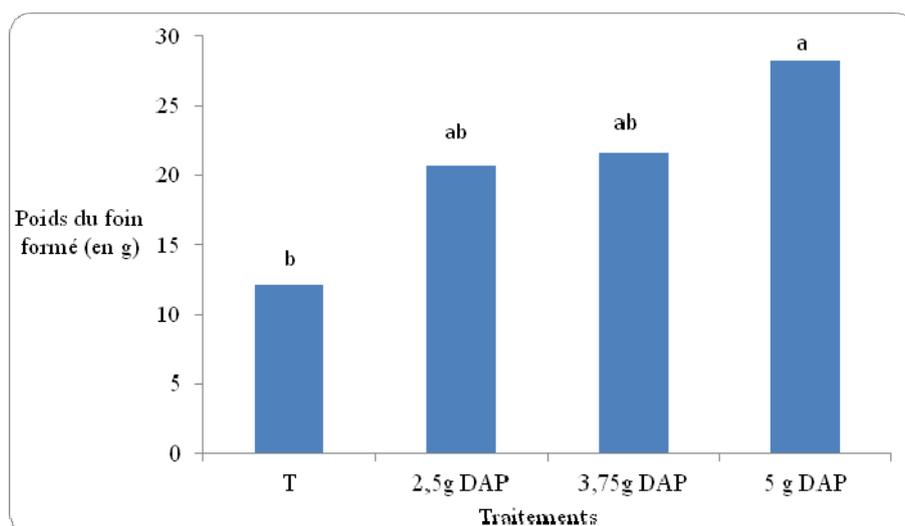
La variation de nombre de talles sous l'effet des différentes doses est portée dans le tableau. Ce tableau indique que le nombre moyen de talle pour les traitements avec DAP est compris entre 2,50 et 2,67. Ces valeurs sont très proches. Cependant l'absence de la fertilisation a entraîné une régression du nombre de talles.

**Tableau3.** Nombre de talles moyen pour les différentes doses de DAP.

	Moyenne	Ecart type
T	1,38	0,74
2,5 g de DAP	2,50	0,87
3,75g de DAP	2,67	1,02
5 g de DAP	2,61	1,12

#### **Poids du foin formé après séchage à l'air libre**

La quantité moyenne de foin formée est présentée par la figure 5. Le test de Duncan a révélé des différences significatives entre les traitements au seuil de 5 %. Les valeurs moyennes permettent de distinguer 3 groupes ; un premier groupe formé par le traitement 5g de DAP et un dernier groupe formé par le traitement témoin. Les deux autres traitements 2,5 g DAP et 3,75 g DAP ne sont pas significativement différents, ils sont classés ensemble et forment un groupe intermédiaire.



**Figure 5:** Variation de la quantité du foin formée sous effet de différentes doses.

#### **Poids des racines après séchage à l'air libre**

Les poids moyens des racines formées sont présentés par la figure 6. Des différences significatives entre les traitements au seuil de 5 % ont été prouvées. Les valeurs moyennes permettent de distinguer 3 groupes. Un premier groupe formé par les traitements 5g et 2,5 g de DAP et un dernier groupe pour le traitement témoin. Le traitement 3,75 g DAP a occupé une position intermédiaire.

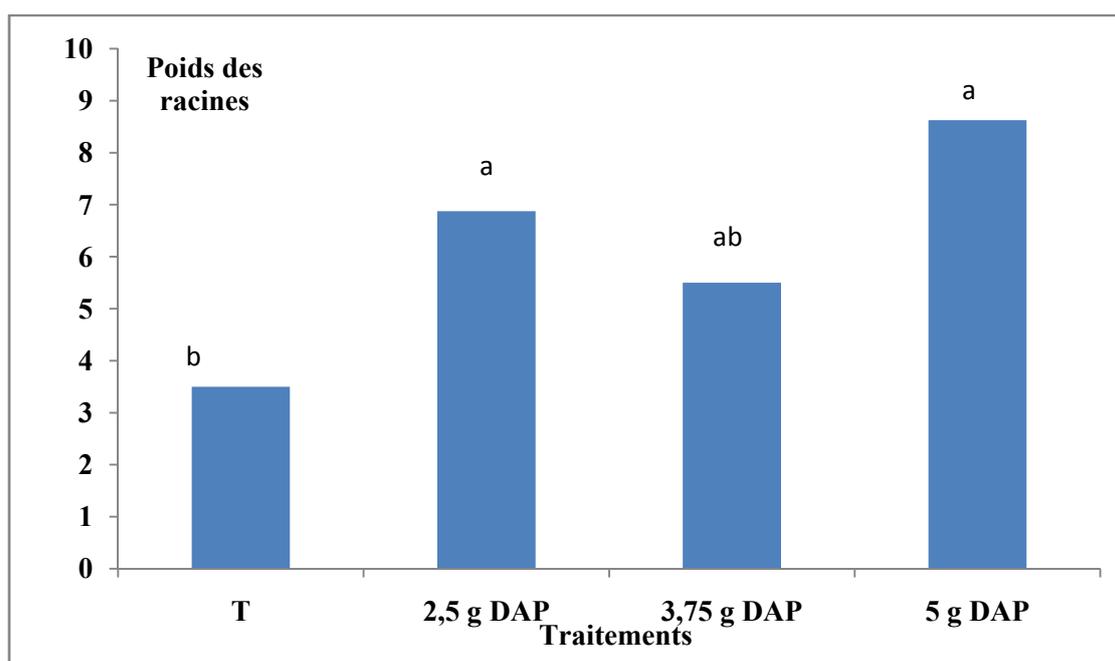


Figure 6. Variation de la biomasse racinaire formée après séchage à l'air libre sous l'effet de différentes doses de DAP.

#### **Matière sèche formée**

Les valeurs moyennes et les écarts types des poids de la matière sèche sont présentées dans le tableau 4. Ce tableau permet de constater qu'au niveau des racines, la quantité de matière sèche la plus élevée est notée pour la dose 5 g de DAP puis pour la dose 2,5 g de DAP ensuite pour la dose 3,75g de DAP. La quantité de matière sèche produite dans le cas du témoin est presque la moitié de la quantité produite dans le cas de la dose 3,75 g de DAP.

Au niveau des tiges et des feuilles, la quantité de matière sèche la plus élevée est enregistré pour la dose 5 g de DAP. Pour les traitements 2,5 g et 3.75 g de DAP, la quantité de la matière sèche est presque égale. La quantité de matière sèche produite dans le cas du témoin est très réduite.

Au niveau des épis, la quantité de matière sèche la plus élevée est notée pour la dose 5 g de DAP. Pour la dose 2,5 g de DAP la quantité de la matière sèche est presque égale à la quantité produite pour la dose 5 g de DAP. La quantité de matière sèche produite dans le cas de la dose 3,75 g de DAP est moins importante. La quantité de matière sèche produite dans le cas du témoin est très réduite devant les autres cas.

Ces différentes valeurs indiquent que les sols oasiens devraient être amendés et enrichis pour améliorer la production des cultures.

Tableau 4. Moyennes et écarts types des poids de la matière sèche formée :

	Racines		Tiges +feuilles		Epis	
	M	$\sigma$	M	$\sigma$	M	$\sigma$
T	3,13	1,55	8,13	3,35	7,13	3,15
2,5g DAP	6,38	2,32	14,25	2,18	16,25	4,09
3,75g DAP	5,25	2,25	14,13	5,31	13,25	5,12
5g DAP	8	0,82	18,63	3,22	17,5	4,81

(M= moyenne et  $\sigma$  = Ecart-type)

#### **Teneur du phosphore dans les différentes parties de la plante**

Les teneurs de phosphore dans les parties de la plante sont mentionnés dans le tableau 5, ces valeurs sont proches de ceux indiquées dans la bibliographie (Anonyme1). On remarque que les teneurs la plus élevées de phosphore sont enregistrées au niveau des épis. Elles sont comprises entre 0,12 et 0,25 % de la matière sèche.

**Tableau 5.** Teneur de phosphore dans les différentes parties de la plante pour les différents traitements (% MS)

	Racines		Tiges+feuilles		Epis	
	M	$\sigma$	M	$\sigma$	M	$\sigma$
T	0,062	0,032	0,059	0,036	0,115	0,051
2,5g DAP	0,082	0,091	0,041	0,014	0,27	0,088
3,75 g DAP	0,066	0,061	0,065	0,019	0,274	0,069
5 g DAP	0,09	0,057	0,057	0,012	0,254	0,028

(M= moyenne et  $\sigma$  = Ecart-type)

#### **Teneur en potassium dans les différentes parties de la plante**

Les teneurs moyennes en potassium dans les parties de la plante sont représentées dans le tableau 6 : on remarque que la quantité la plus élevée de potassium se trouve au niveau des racines pour le traitement témoin et le traitement 2,5 g de DAP. Alors que pour le traitement 3,75 g de DAP la teneur de potassium la plus élevée se trouve dans les épis. Par contre, pour le cas du traitement 5g de DAP la teneur de potassium la plus élevée se trouve dans les tiges et les feuilles.

**Tableau 6.** Teneur en potassium dans les différentes parties de la plante pour les différents traitements (% de MS)

	Racines		Tiges+feuilles		Epis	
	M	$\sigma$	M	$\sigma$	M	$\sigma$
T	0,027	0,047	0,0032	0,0049	0,0135	0,0148
2,5g DAP	0,014	0,005	0,0073	0,002	0,0082	0,0064
3,75 g DAP	0,0029	0,00023	0,0015	0,001	0,0143	0,0184
5 g DAP	0,002	0,00069	0,0059	0,004	0,003	0,0001

(M= moyenne et  $\sigma$  = Ecart-type)

#### **Teneur en sodium dans les différentes parties de la plantes**

Les teneurs moyennes en sodium dans les parties de la plante sont mentionnées dans le tableau7. On remarque que pour les traitements témoins, 3,75 g de DAP et 5 g de DAP, la teneur en sodium la plus élevée se trouve dans les épis. Alors que pour le traitement 2,5 g de DAP la teneur de sodium la plus élevée se trouve dans les tiges et les feuilles. Ces teneurs sont également proches des valeurs mentionnées dans la bibliographie.

**Tableau 7.** Teneurs en sodium dans les différentes parties de la plante pour les différents traitements (% MS)

	Racines		Tiges+feuilles		Epis	
	M	$\sigma$	M	$\sigma$	M	$\sigma$
T	0,0972	0,0636	0,0483	0,0104	0,2652	0,1066
2,5g DAP	0,0235	0,0147	0,3875	0,0239	0,1695	0,0385
3,75 g DAP	0,0425	0,025	0,0465	0,0272	0,1738	0,0317
5 g DAP	0,0525	0,0143	0,024	0	0,2477	0,0756

(M= moyenne et  $\sigma$  = Ecart-type)

## **4. CONCLUSION**

Le présent travail, mené dans l'oasis de Chenini dans la région Gabès dans le but d'étudier les effets d'une fertilisation avec le DAP sur l'orge a permis de retenir que :

- L'orge présente des taux de germination élevés qui peuvent atteindre les 100% au bout d'un jour, toute fois avec les eaux de drainages dont on pourrait en faire recours dans les conditions oasiennes en cas de perturbations des tours d'eau, la germination ne dépasse pas les 84 %.
- La germination de l'orge se fait très rapidement. Le temps nécessaire pour atteindre 50% de la germination (T 50) est très court. Cependant, les eaux de drainage ont un effet négatif sur ce critère.
- La longueur de la coléoptile a été favorisée en présence du DAP et la longueur de la première feuille a été favorisée par l'ammonitrate. Ces engrais pourraient favoriser le départ de la croissance chez la culture d'orge.

- La variation du nombre des épis au cours du temps la plus rapide est réalisée pour la dose 5 g de DAP. La variation du nombre d'épis au cours du temps pour le traitement témoin est plus lente que les autres traitements ce qui nous amène à dire que le DAP augmente la précocité de l'orge.
  - La biomasse fraîche formée a été favorisée par l'ajout du DAP dans le sol. La biomasse fraîche de l'orge la plus importante est notée pour la dose 5 g de DAP, puis pour la dose 2,5 g de DAP puis la dose 3,75g de DAP. La biomasse fraîche récoltée pour le traitement témoin est la plus basse.
  - Le traitement 5 g de DAP engendrait les racines les plus vigoureuses.
  - Le poids des épis le plus élevé est enregistré par la dose 5 g de DAP. Le poids des épis produits pour les doses 2,5 g de DAP et 3,75g de DAP est presque le même. Le poids des épis récoltés pour le témoin est le plus bas est ne dépasse pas la moitié du poids des épis produites dans le cas des doses 2,5 g de DAP et 3,75g de DAP.
  - La longueur moyenne des tiges, le poids moyen des épis et le nombre de grains par épis ont été favorisés en présence des différentes doses de DAP appliquées par comparaison avec le témoin tout en mentionnant que l'absence de la fertilisation, a entraîné une régression du nombre de talles.
  - La quantité moyenne de foin et le poids de la partie aérienne formés le nombre des épis et le poids des épis ont été favorisés en présence du DAP.
  - La quantité de matière sèche produite dans les différentes organes a été défavorisée en Ces valeurs témoignent sur la nécessité d'améliorer la richesse du sol oasien pour en améliorer sa productivité. Ces sols devraient être amendés et enrichis par les fertilisants pour améliorer la production des cultures.
  - Les teneurs de phosphore dans les parties de la plante sont proches de ceux indiquées dans la bibliographie. La quantité la plus élevée de phosphore se trouve au niveau des épis. La teneur moyenne en potassium la plus élevée se trouve au niveau des racines pour le traitement témoin et le traitement 2,5 g de DAP. Alors que pour le traitement 3,75 g de DAP la teneur de potassium la plus élevée se trouve dans les épis. Par contre, pour le cas du traitement 5g de DAP la teneur de potassium la plus élevée se trouve dans les tiges et les feuilles. Les teneurs moyennes en sodium les plus élevées se trouvent généralement dans les épis.
- En perspective la conduite de cet essai sur champs permet de confirmer ou d'infirmer les résultats susmentionnés.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme 1 : <http://www.nnp.ch/french/gb/frame2.html>.
- Bousnina H., (2004). Mouvement de l'eau dans les sols sableux des oasis du sud tunisien. Conférence données dans le cadre d'un séminaire organisé par le CRDA de Kebeli sur les amendements sableux dans l'oasis.
- Estivin A.E., (2000). Itinéraire techniques des cultures maraichère en milieu oasien (oasis de Gabès, Tunisie). Diplôme ingénieur technique agricole ENITAC, site de Marmilhal, p 50.
- Gabsi W., (2010). Bonification des sols oasiens du sud tunisien par amendements sableux et organique ( cas de l'oasis de chenin de Gabès). Mémoire de mastère. Institut National Agronomique, p 45.
- Haddad M. (2007). Système de production et techniques culturales en milieu oasien (oasis de Gabès Tunisie). Revue NEW MEDIT N°2 : 38-43.
- Gagnon, E. et Beaulieu R. (2002). Utilisation du phosphore dans les engrais de démarrage. Rapport du ministère de l'environnement du Québec 12 juin 2002, direction des politiques du secteur agricole.
- Heller H., Robert E. et Claude L. (1998). Physiologie végétale. Chapitre : nutrition azotée : p :130. Edition DUNOD.



## Effet des rythmes d'irrigation sur la croissance et la production de cinq populations de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) dans les conditions oasiennes

Haddad Mansour

Institut des Régions Arides, 6051 Ennahel, Gabès, Tunisie

Email: mansour.haddad@ira.rnrt.tn

### RESUME

Ce travail s'est intéressé à étudier le comportement de 5 populations de luzerne (*Medicago sativa* L.) : Chenchou, Chenini, Matouia, Elgalaa et Douz, soumises à trois rythmes d'irrigation (R1: 15, R2: 30 et R3: 45 jours), à travers l'étude d'un certain nombre de paramètres morphologiques et physiologiques. Ces expérimentations ont permis de montrer que le rythme R1 semble favoriser la croissance en longueur des tiges ainsi que le nombre des feuilles et augmenter la production en matière fraîche (PMF) et en matière sèche (PMS). Alors qu'une irrigation tout les 45 jours (R3) a un effet néfaste sur ces paramètres. L'application d'une irrigation sévère (R3) a entraîné un maintien d'une turgescence relative élevée et accru au niveau foliaire, liée souvent à la capacité d'ajustement osmotique. L'espacement de la période d'irrigation a engendré une diminution de la teneur en phosphore, sodium, potassium et en azote pour toutes les populations.

**Mots clés:** Luzerne, population, oasis, espacement de l'irrigation, production.

### SUMMARY

This study was conducted to evaluate the effect of irrigation rates (R1: 15, R2:30 and R3: 45 days) on five populations of alfalfa (*Medicago sativa* L.): Chenchou, Chenini, Matouia, Elgalaa and Douz. Results showed that R1 rate affects positively the growth of stems length as well as the number of the sheets and increases the production of fresh and dry matter. These parameters were negatively affected by the R3 rate. Spacing the irrigation period induces a decrease in phosphorus, sodium, potassium and nitrogen contents for all the populations.

**Key words:** Alfalfa, population, oasis, spacing irrigation, production

### 1. INTRODUCTION

L'eau est un élément essentiel pour la croissance et le développement des plantes. Les ressources en eau de l'oasis de Gabès ont connu une exploitation excessive depuis longtemps. En effet, la surexploitation des nappes fossiles a conduit à accroître le coût d'exploitation de l'eau par des phénomènes d'intrusion saline ou de drainage au sein du système aquifère (Mamou, 1993). L'aridité et la raréfaction des ressources hydriques ont incité les chercheurs à entreprendre des études afin de choisir et de sélectionner des variétés aptes à supporter les stress hydrique. L'introduction d'espèces fourragères résistantes à ces conditions d'aridité constitue une des solutions rationnelles pour la restauration et l'aménagement de ces milieux.

Ce travail s'est intéressé à étudier le comportement de 5 populations de luzerne, soumises à trois rythmes d'irrigation (15, 30 jours et 45 jours), pour sélectionner la provenance qui pourrait supporter les conditions de la rareté de l'eau dans les oasis, à travers l'étude d'un certain nombre de paramètres morphologiques et physiologiques.

### 2. MATERIEL ET METHODES

Pour la réalisation de ce travail cinq populations de luzerne pérenne ont été utilisées :

P1 : originaire de Chenchou, Gabès.

P2 : originaire de l'oasis de Chenini, Gabès.

P3 : originaire de Matouia, Gabès.

P4 : originaire d'Elgalaa, Kebili.

P5 : originaire de Douz, Kebili.

La mise en place de cet essai a été réalisée vers la première semaine du mois d'avril à raison de 3,5 g de semences par m<sup>2</sup>. L'essai est conduit sur 45 parcelles élémentaires de 3 m<sup>2</sup> chacune (2 m×1,5 m), disposées en trois blocs aléatoires complets (chaque bloc contient 15 planches).

-Bloc 1 : Premier bloc, une irrigation tous les 15 jours (R1). C'est la période souhaitée par les oasiens.

- Bloc 2 : Deuxième bloc, une irrigation tous les 30 jours (R2). C'est la période allouée actuellement par les services de développement (CRDA) dans certaines oasis.

- Bloc 3 : Troisième bloc, une irrigation tous les 45 jours (R3). En été, le tour d'eau dans plusieurs oasis est de 45 jours.

Chaque population est répétée trois fois par bloc. Les trois blocs sont séparés par deux parcelles de séparation. Les observations ont porté sur les paramètres de croissances et les paramètres de production.

Dix tiges par parcelle élémentaire sont arbitrairement repérées pour mesurer la longueur de tige et le nombre des feuilles par plante et tout de suite après, les parcelles élémentaires sont fauchées pour déterminer la phytomasse fraîche moyenne et la teneur moyenne en matières sèche formées dans chacune d'entre-elles.

En fin d'essai, des feuilles sont coupées à la base du limbe pour mesurer la turgescence relative par la méthode de Barrs (1968).

Les matières sèches récupérées pour chaque traitement sont minutieusement mélangées pour former un échantillon global afin d'assurer le dosage des principaux minéraux dans la partie aérienne de la plante. Les techniques d'analyse utilisées sont la spectrophotométrie pour la détermination du potassium et du sodium, la photométrie à flamme pour la détermination du phosphore et la méthode de kjeldah pour la détermination d'azote.

Les analyses statistiques des paramètres de croissance et de production ont été déterminées grâce aux tests de Newman & Keuls au seuil de 5 %.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### *Effet rythme*

Les valeurs moyennes des paramètres de croissance et de production étudiées pour chaque coupe sont récapitulées dans le Tableau 1. Ce tableau montre qu'il y a une différence très hautement significative pour les trois rythmes d'irrigation

**Tableau 1.** Influence de trois rythmes d'irrigation sur les paramètres de croissance et de production

Rythme d'irrigation	Longueur des tiges (cm)	Nombre de feuilles	Matière fraîche (g/m <sup>2</sup> )	Matière sèche (g/m <sup>2</sup> )
R1	41,67 <b>a</b>	27,18 <b>a</b>	730,57 <b>a</b>	152,65 <b>a</b>
R2	36,52 <b>b</b>	24,31 <b>b</b>	631,24 <b>b</b>	161 <b>a</b>
R3	20,56 <b>c</b>	14,27 <b>c</b>	330,23 <b>c</b>	69,53 <b>b</b>
Signification	Très hautement significatif			

D'après ces résultats nous pouvons retenir que la croissance et la production de la luzerne est négativement influencée par l'insuffisance de l'eau (R3). D'ailleurs les valeurs ont régressé en passant du rythme R1 au Rythme R3 pour tous les paramètres.

#### **Effet population**

La comparaison des valeurs moyennes de la longueur de tige, le nombre des feuilles, la production en matière fraîche et la production en matière sèche chez les différentes populations sont respectivement présentés par les figures 1, 2, 3 et 4. Ces figures montrent que les différences entre les 5 populations sont très hautement significatives. Les figures 1 et 2 montrent que la population **P3** exprime la croissance en longueur (40,29 cm) et le nombre des feuilles (26,57) le plus élevée que les autres populations. La figure 3 montre que la production maximale de matière fraîche est atteinte par la population P3 (640,22 g). Alors que la production minimale de matière fraîche est atteinte par la population P4 (470,4 g). La figure (4) montre que les différences entre les 5 populations sont très hautement significatives. La production maximale de la matière sèche est atteinte par la population P1 (169.71 g). Alors que la production minimale de la matière sèche est atteinte par la population P5 (102.72 g).

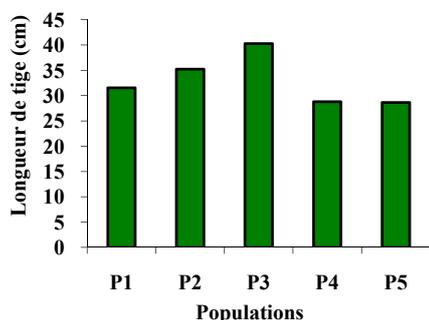


Figure 1. Effet population sur la longueur moyenne des tiges

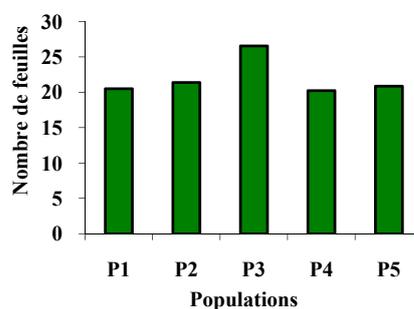


Figure 2. Effet population sur le nombre moyenne des feuilles

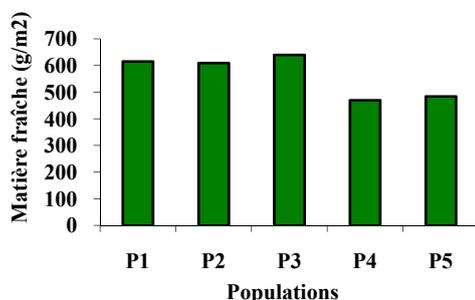


Figure 3. Influence des rythmes d'irrigation sur la matière fraîche formée par les populations étudiées.

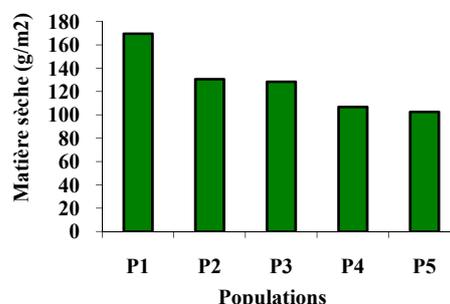


Figure 4. Effet population sur la matière sèche moyenne formée

### ***Influence des différents rythmes d'irrigation sur la turgescence relative des feuilles (TR)***

La variation de la turgescence relative des feuilles des 5 populations en fonction de rythme d'irrigation est illustrée par la figure 5. Cette figure montre qu'en générale la turgescence relative des feuilles augmente en passant de R1 à R3. Pour une irrigation tous les 45 jours (R3), les feuilles de la population P3 ont tendance à réagir par une légère augmentation de leur turgescence, alors que celles de la population P5 expriment une baisse légèrement faible par rapport à R2. La population P3 paraît donc tolérer relativement plus le déficit hydrique, notamment lorsque la réserve en eau du sol atteint un seuil critique.

De nombreux travaux ont été réalisés sur les conséquences du manque d'eau sur la turgescence relative des feuilles de différentes espèces cultivées. Rascioco et al, (1987), en travaillant sur le blé, ont montré que les effets du stress hydrique sur la turgescence relative ne sont apparents que si la restriction est sévère. D'après Blum (1988), le maintien d'un niveau élevé de la TR serait probablement lié à une bonne capacité d'ajustement osmotique permettant la préservation de l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus. Simiani (1997) a expliqué le maintien d'un niveau élevé chez une variété de blé tendre en conditions sèche par sa haute capacité à accumuler des solutés et/ou à une faible élasticité des tissus.

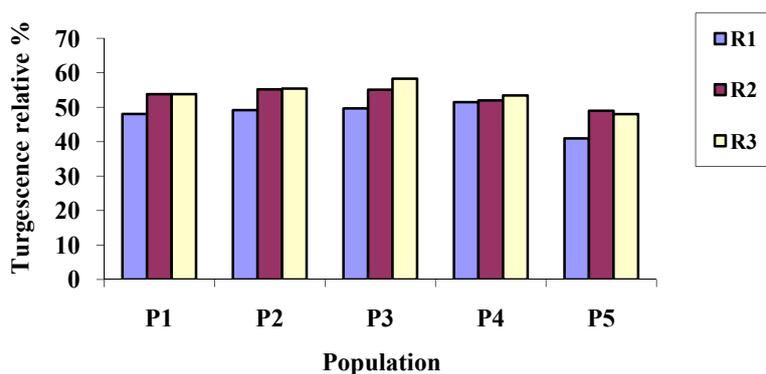


Figure 5. Influence de trois rythmes d'irrigation sur la turgescence relative des feuilles chez les 5 populations étudiées

### *Influence des différents rythmes d'irrigation et de populations sur la teneur en minéraux*

#### **Effet rythme**

Le tableau 2 illustre l'influence de trois rythmes d'irrigation sur la teneur en potassium, en sodium, en phosphore et en azote pour les cinq populations combinées. Nous retenons de ces analyses que les valeurs moyennes des éléments déterminés ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , P et azote réduit) ont été influencées par les trois rythmes d'irrigation. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées par le rythme R1 (15 jours).

Tableau 2. Influence de trois rythmes d'irrigation sur la teneur en minéraux.

Rythme d'irrigation	Teneur en phosphore (%)	Teneur en sodium (%)	Teneur en potassium (%)	Teneur en azote (%)
R1	0,27	0,29	1,58	1,56
R2	0,23	0,28	1,51	1,29
R3	0,19	0,27	1,39	1,24

Les effets de la sécheresse sur la teneur en azote apparaissent souvent contradictoires. Ainsi Vough et Marten (1971) observent soit des augmentations, soit des diminutions de la teneur en azote des plantes subissant une sécheresse. Carter et Schaeffer (1983) ont attribué les variations de la teneur en azote à des variations de la capacité de fixation de l'azote atmosphérique. En travaillant sur l'effet de la fertilisation et du stress hydrique sur l'azote dans le rendement en masse racinaire chez la luzerne pour la production des semences, Lemair et *al.* (1989) ont montré que la sécheresse provoque un accroissement de la teneur en azote dans la biomasse aérienne de la luzerne.

#### **Effet population**

Les figures 6, 7, 8 et 9 présentent l'influence de trois rythmes d'irrigation sur la teneur moyenne respectivement en phosphore, en sodium, en potassium et en azote, chez les cinq populations. On remarque que les teneurs en phosphore, en sodium, en potassium et en azote sont respectivement comprise entre 0,21 et 0,26% pour le phosphore ; 0,22 et 0,35% pour le sodium ; 1,28 et 1,78% pour le potassium, et enfin entre 1,32 et 1,4% pour l'azote. Les valeurs moyennes pour les cinq populations sont différentes. Pour la teneur moyenne en phosphore, la figure (6) montre que les valeurs extrêmes sont enregistrées par la population P2 et P4 soient 0,26 % et 0,21% respectivement. La figure (7) montre que la teneur moyenne en sodium la plus élevée est enregistrée par la population P2 (0.35%) alors que la teneur moyenne la plus basse est exprimée par la population P4 (0.22 %). La teneur moyenne en potassium la plus élevée (1,78%) est enregistrée par la population P2 alors que la teneur moyenne en potassium la plus basse (1.28%) est obtenue par la population P4 (Figure 8). La figure 9 montre que la population P5 a présenté la teneur moyenne la plus élevée (1,4%), suivie de P1 et P4 (1,37 %), puis P2 (1,36%) et à un teneur plus bas P3 (1,32%).

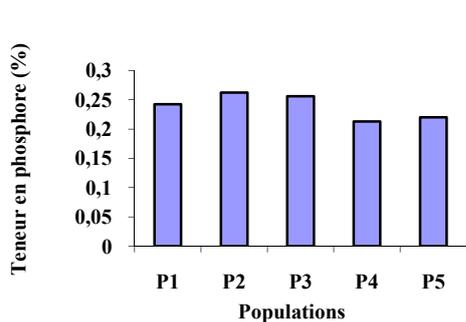


Figure 6. Les teneurs moyennes en phosphore chez les différentes populations

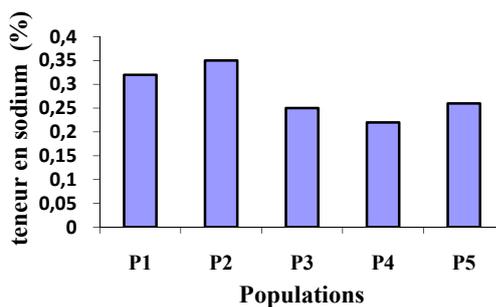


Figure 7. La teneur moyenne en sodium chez les différentes populations

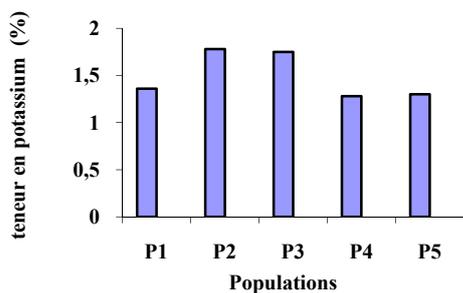


Figure 8. Les teneurs moyennes en potassium chez les différentes populations

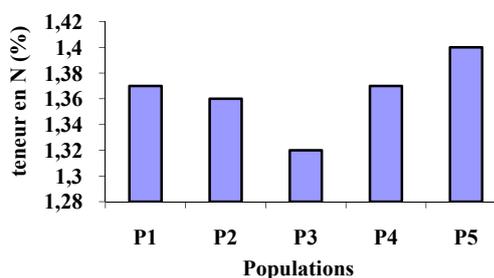


Figure 9 : Les teneurs moyennes en azote réduit chez les différentes populations

#### 4. CONCLUSION

L'étude de l'influence de trois rythmes d'irrigation sur la croissance et le développement de cinq populations de luzerne pérenne a permis de faire ressortir les conclusions suivantes :

Concernant l'influence des différents rythmes d'irrigation sur les paramètres de croissance des 5 populations de luzerne:

- La longueur des tiges et le nombre moyen de feuilles par plante sont favorisés par le rythme R1 (une irrigation tout les 15 jours). Alors qu'une irrigation tout les 45 jours (R3) a un effet néfaste sur ces deux paramètres. En outre, la population P3 présente la croissance en hauteur et le nombre de feuilles par plante les plus élevés, alors que, les populations P5 et P4 ont donné la croissance en hauteur et le nombre de feuilles par plante les plus bas.
- La production moyenne la plus élevée en matière fraîche (PMF) et en matière sèche (PMS) est obtenue par le rythme l'irrigation tout les 15 jours suivi du rythme tout les 30 jours. Alors que la PMF et la PMS les plus basses sont obtenus par une irrigation tous les 45 jours.
- La production maximale de matière fraîche est atteinte par la population P3 ( $640 \text{ gm}^{-2}$ ). Alors que la production minimale de matière fraîche est atteinte par la population P4 ( $470 \text{ gm}^{-2}$ ). La production maximale de matière sèche est atteinte par la population P1, suivi de P3, P2, P4 et à un niveau plus bas P5.
- En ce qui concerne la turgescence relative des feuilles. On a constaté que, dans des conditions d'irrigation sévère (irrigation tout les 45 jours), il y a un maintien d'une turgescence relative élevée au niveau foliaire qui est souvent liée à la capacité d'ajustement osmotique.

Concernant l'influence de trois rythmes d'irrigation sur les teneurs en phosphore, en sodium, en potassium et en azote réduit :

- Nos résultats montre que les périodes d'irrigation (Irrigation tout les 30 jours et tout les 45 jours) affectent les teneurs moyennes en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , P et en azote réduit (N) qui ont connue une baisse par rapport au rythme d'irrigation tout les 15 jours.
- La population P2 semble absorbé des quantités plus élevés en P,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  puisqu'elle a enregistré les valeurs les plus élevées. Alors que les teneurs moyennes les plus faibles en ces minéraux sont enregistrées par la population P4.

- La population P5 présente la teneur en azote réduit la plus élevée. Alors que la teneur moyenne en azote réduit la plus faible est présentée par P3 qui avait enregistré paradoxalement le rendement en fourrage le plus élevé.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blum, A., (1988). Plant breeding for stress environments in evaluation de la variabilité génétique. *Botany* 89: 907 - 916.
- Carter, P.R. ; Sheaffer, C.C., (1983). Alfalfa response to soil water deficits. Growth, Forage quality, field, water use efficiency. *Crop Sci.* 23: 669-675.
- Lemaire, G. ; Durand, J.L. ; Lila, M., (1989). Effet de la sécheresse sur la digestibilité in vitro, la teneur en ADF et la teneur en azote de la luzerne (*Medicago sativa* L.). *Agronomie* 9: 841-848.
- Rascioco, A.; Sorrentino, G.; Cedola, M. C.; Pastor, D.; Wittner, G., (1987). Osmotic and elastic adjustment of durum wheat leaves under stress conditions. *Genetic Arg* 41 : 427-436.
- Simiani, M., (1997) : Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus physiologiques et de croissance de 2 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L), *Rech. Agr. INRA* pp.23-32.
- Vough, L.R et Marten G.C. (1971). The influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of alfalfa forage. *Agron. J.* 61(1): 40-42.

,