

# AMÉLIORATION DE L'ISOLATION THERMIQUE DES HABITATS DANS LES RÉGIONS CHAUDES ET ARIDES

H. NECIB<sup>1</sup>, R. BELAKROUM<sup>2</sup>, K. BELAKROUM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université de KasdiMerbah, BP 511, 30000 Ouargla, n.hichem1@gmail.com

<sup>2</sup>Univ. Ouargla, Fac. des Sciences Appliquées, Lab. Dynamique, Interaction et Réactivité des Systèmes, Ouargla  
30000, Algeria

## RÉSUMÉ

La construction actuelle des habitats et des bureaux en Algérie, ne prend pas en considération l'isolation thermique de l'enveloppe comme solution pour réduire la consommation excessive de l'énergie électrique utilisée pour assurer un certain confort thermique à l'intérieur de ces établissements, surtout pour la période estivale qui peut s'étendre jusqu'à 5 mois dans les régions sahariennes. Dans cette étude, on propose un diagnostic thermique d'une salle des enseignants se situant à l'université de Ouargla. L'étude a montré que la toiture, est responsable de 70.62% des gains thermiques globales, 27.11% de gain est reçu par les quatre murs et 2.27% par les fenêtres. L'isolation thermique de la toiture par le Liège ou le gravier ainsi que l'isolation des murs par le polystyrène pour plusieurs épaisseurs ont été étudiés. L'étude a montré aussi qu'une isolation combinée de toiture et des murs avec liège et polystyrène de 5cm d'épaisseur, peut réduire jusqu'à 59.09% le gain thermique globale et atteint une réduction jusqu'à 69.96% pour une épaisseur de 10cm.

**Mots Clés:** *Confort thermique, bâtiments, isolation thermique, réduction des gains thermiques.*

---

## 1. INTRODUCTION

La part importante de l'énergie consommée pour la climatisation des bâtiments a amené des chercheurs à se pencher sur le problème des échanges de chaleur entre les locaux et l'environnement. Ce problème très vaste et complexe dépend de paramètres tels que:

- La nature des matériaux servant à la construction,
- La forme des bâtiments qui influe sur le captage de l'énergie solaire,
- L'environnement climatique dans lequel se trouve le bâtiment,

Pour améliorer le confort thermique dans un bâtiment et économiser de l'énergie, il est nécessaire de mettre en œuvre des matériaux particulièrement performants, apportant une bonne isolation thermique. En effet, une bonne isolation thermique entraîne le choix d'équipements de climatisation moins puissants donc plus économiques.

Plusieurs études ont été réalisées pour réduire la consommation de l'énergie utilisée pour avoir un certain confort thermique, telle que : L'étude de l'impact d'une maison écologique sur l'environnement, réalisé par M.A. Boukli Hacène et al [1]. Ils ont combiné les différents modes de chauffage, de ventilation, d'alimentation des appareils pour réduire massivement la consommation d'énergie, et donc garantir une décroissance exponentielle du rejet de CO<sub>2</sub>. Les résultats obtenus ont été confrontés aux résultats de la même maison construite avec des matériaux non isolants, tels que la brique, le béton La confrontation montre une différence significative sur les plans énergétique, économiques, ainsi qu'environnementaux. D.Robert et A.Janusz [2] ont proposé une méthode et une analyse du rapport coût-efficacité écologique pour l'investissement impliquant l'isolation thermique des parois verticales extérieures et cela pour deux bâtiments dans cinq différentes zones climatiques situées en Pologne. La méthode proposée est avérée très utile pour évaluer les différentes options pour les investissements d'isolation thermique. Elle peut également être utilisée dans d'autres endroits dans le monde. Elle permet de prendre en compte à la fois les aspects environnementaux et économiques de l'investissement.L'obtention d'un

niveau de confort thermique avec une consommation énergétique réduite en étudiant l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur sa demande énergétique est l'objectif de l'étude de N. Fezzioui et al [3]. Ils ont essayé d'introduire des éléments d'amélioration de l'habitat étudié: augmentation d'inertie des murs extérieur, isolation des murs extérieurs, isolation de la toiture, et surface des fenêtres. Où ils ont choisi deux situations présentant des conditions climatiques différentes, à savoir la ville de Béchar et la ville de Tamanrasset. L'étude thermique et énergétique du centre psychopédagogique 'SAFAA' qui se situe dans la ville d'Oujda (Maroc) est réalisé par R. Guechchati et al [4]. des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel de simulation du comportement thermique en régime dynamique 'TRNSYS 16' avec le modèle numérique type 56. Ce projet vise l'introduction des matériaux isolants dans un bâtiment afin d'améliorer le confort thermique et de réduire l'énergie consommée. Diverses solutions ou variantes ont été proposées, qui permettent de faire un choix pertinent assurant un meilleur confort thermique de cette institution tout en étant très peu gourmand en énergie. Meral Ozel [5,6] à étudié l'effet du facteur d'absorption extérieur sur les caractéristique thermiques et l'épaisseur optimal de l'isolation des bâtiments pour différent matériaux d'isolation. La même étude reproduite par Naouel Daouas [7] pour le climat Tunisien. Elle à trouvé que l'orientation la plus économe est l'orientation sud avec une épaisseur optimal d'isolant égale à 10.1cm.

## 2. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

La réduction de la consommation de l'énergie électrique, dont une grande partie d'elle est due à la climatisation pendant la période estivale, dans les zones sahariennes, est le principe objectif de cette étude. L'amélioration de l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments, des habitats ou des bureaux est l'une des moyens les plus efficaces qui aide à garantir un confort thermique avec la moindre consommation d'énergie. Elle diminue les gains pendant l'été et les déperditions thermique pendant l'hiver.

L'efficacité thermique de l'enveloppe de la salle des enseignants située à l'université Kasdi Merbah-Ouargla à été étudiée, par l'intermédiaire du logiciel TRNSYS, pour détecter les points faibles de l'isolation thermique actuelle, puis proposer des solutions pratiques et optimales qui devront, par la suite, diminuer au maximum la consommation d'énergie électrique avec le moindre coût d'isolation. Les résultats pratiques proposés pour l'amélioration de l'isolation thermique de la salle des enseignants peuvent étre généralisés et appliqués pour toutes structures située dans la même région et ayant le même degré d'orientation.

### 2.1. PRESENTATION DE LA SALLE DES ENSEIGNANTS

La Salle des enseignants est d'une superficie de 64,14 m<sup>2</sup>, elle se compose de deux parties (voir Fig.1) ; la première à l'entrée contient deux salles de bains, pendant que la deuxième représente la salle principale.

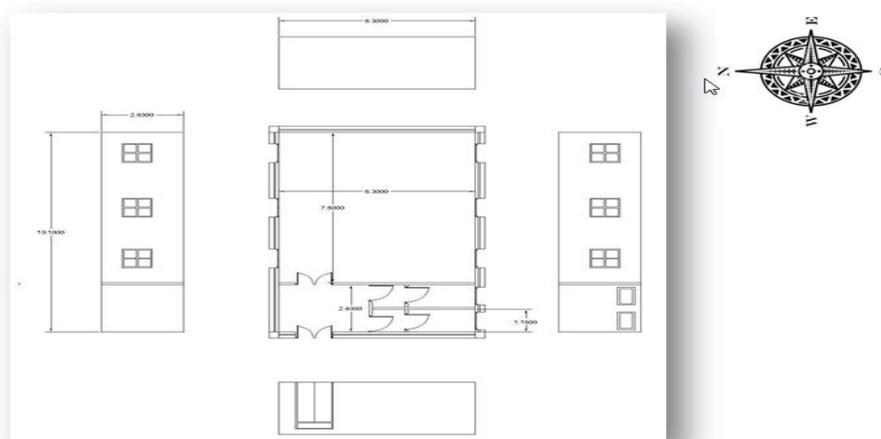


FIGURE 1. Plan de la salle

Les dimensions des façades principales de la salle, voir figure. 2, sont déterminées dans le tableau suivant :

Type de parois	Orientation	Surface [m <sup>2</sup> ]
Les murs	Nord	26,56
	Sud	26,56
	Est	16,70
	Ouest	16,70
Le plafond	horizontale	64,14
Les fenêtres	Nord	0,90
	Sud	0,90

TABLEAU 1. Dimensions des façades



FIGURE 2. Façades principales de la salle

## 2.2. COMPOSITION DES PAROIS

- *La composition des murs extérieurs*

La composition et les caractéristiques thermo-physiques des murs constituant l'enveloppe de la salle sont montrés dans le tableau 2 :

N°	Désignation	Epaisseur	Conductivité thermique $\lambda$	Masse volumique $\rho$	Chaleur spécifique Cp	Résistance thermique R
		m	W/mC°	Kg/m <sup>3</sup>	kJ /Kg	m <sup>2</sup> C°/W
Intérieur 1	Enduit ciment	0,01	1,4	2200	1,08	0 ,0071
	brique creuse	0,1	0,48	900	0,936	0,208
	lame d'air	0,05	0,27	1,2	0,27	0,2
	Brique creuse	0,15	0,48	900	0,936	0,312
Extérieur 5	Enduit ciment	0,01	1,4	2200	1,08	0,0071

TABLEAU 2. Composition et caractéristiques thermo-physiques des murs extérieurs

- *La composition du plafond*

Les caractéristiques thermo-physiques du plafond sont résumées dans le tableau 3

N	Désignation	Epaisseur e	Conductivité thermique $\lambda$	Masse volumique $\rho$	Chaleur spécifique Cp	Résistance thermique R
		m	W/mC°	Kg/m <sup>3</sup>	kJ /Kg	m <sup>2</sup> C°/W
01	Enduit ciment	0,01	1,4	2200	1,08	0,0071
02	Hourdi	0,16	1,23	1300	0,65	0,130
03	Béton	0,05	0,46	1200	1,08	0,108

TABLEAU 3 Composition et caractéristiques thermo-physiques du plafond

### 3. ETUDE EXPÉRIMENTALE ET VALIDATION DU TRNSYS

Avant de commencer l'étude et l'analyse du bilan thermique sur lequel on doit prendre des décisions importantes pour améliorer l'isolation thermique de la salle des enseignants, on doit d'abord valider le logiciel de calcul. Pour cela des valeurs mesurées de température ont été comparées avec celles calculées par le logiciel TRNSYS.

Les mesures expérimentales de température et d'humidité de la salle des enseignants ont été prises le 26 Mai 2012. Pendant 11 heures, de 7h à 17h. Les mesures des paramètres suivants ont été réalisées :

- Température des surfaces internes et externes des quatre murs,
- Température de l'air ambiant à l'extérieur et à l'intérieur de la salle,
- Vitesse du vent à l'extérieur de la salle,
- Humidité relative à l'intérieur et à l'extérieur de la salle.

Certaines de ces valeurs, ont été introduites dans le fichier météorologique de TRNSYS. Les résultats de simulation ; de la température de l'air ambiant à l'intérieur de la salle, sont comparés avec ceux mesurés, et présentés dans la figure 3. Cette température varie d'une valeur minimale de 25,7°C à 7h à une valeur maximale de 31,21°C à 17h

La figure 3 montre que les valeurs simulées et mesurées de la température à l'intérieur de la salle des enseignants, révèlent une convenance parfaite à 8h du matin, à 12h et à 17 h. A part ces points, la température simulée dépasse celle mesurée, l'écart max est de 0,961°C, soit une différence relative maximale de 3,4%. Cet écart est enregistré à 10 h, moment d'entrée et sortie des enseignants (non introduit dans le programme de simulation).

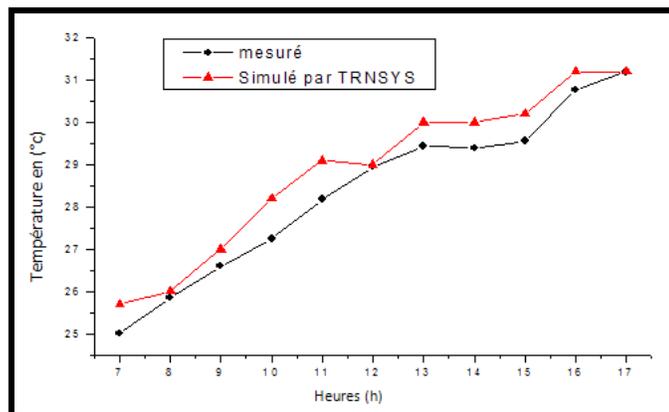


FIGURE.3 Comparaison entre température intérieure mesurée et température intérieure simulée

#### 4. BILAN THERMIQUE DE LA SALLE DES ENSEIGNANTS

Le flux de chaleur dégagé dans la salle est la somme des flux de chaleur dégagés par les parois, la toiture et les fenêtres dans la période choisie. Pour améliorer les conditions de climatisation de cette salle et la rendre plus confortable avec le moindre prix possible de climatisation, il faut connaître parmi toutes les parois celle qui dégage la plus grande quantité de chaleur. Pour cela, une étude préliminaire du bilan thermique de la salle des enseignants est effectuée durant les 5 mois les plus chauds dans la région d’Ouargla (du 1er Mai au 30 septembre). Le système de climatisation est supposé activé lorsque la température de la zone (température de la salle) dépasse 26°C.

D’après la figure 4 et le tableau 4, Le toit est l'un des éléments les plus sensibles dans les climats chauds, parce qu'il est exposé à la radiation solaire durant la plus grande partie de la journée en plus de l’angle d’incidence du rayonnement solaire. Il représente 70.62 % des transferts totaux de chaleur de la salle, (chaleur dégagée par la toiture = 19.59 Giga Joule). Le tableau 4 résume les valeurs du flux de chaleur dégagé par les parois à l’intérieur de la salle (gain thermique) et leurs pourcentages par rapport au flux de chaleur globale. L’ensemble des quatre murs représente un gain thermique de 27.11%, tandis que les fenêtres, disposés aux deux façades : Sud et Nord, ne représente que 2.27%.

Orientation de la paroi	Flux de chaleur (GJ)	Gain (%)
Mur Nord	2.05	7.39
Mur Sud	2.09	7.53
Mur Est	1.6	5.77
Mur Ouest	1.78	6.42
Toiture	19.59	70.62
Fenêtre Nord	0.31	1.12
Fenêtre Sud	0.32	1.15

TABLEAU 4 Flux de chaleur des parois

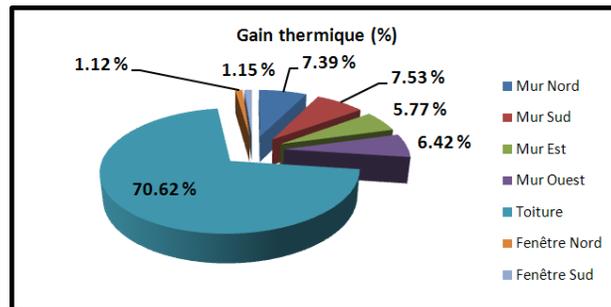


FIGURE 4. Flux de chaleur total de 5 mois échangé à chaque paroi

#### 5. ISOLATION DE LA TOITURE

On a utilisé deux types d’isolants dans la toiture avec différentes épaisseurs.

a) Isolation avec le liège

Une isolation de la toiture par une couche de liège (voir tableau 5) avec différents épaisseurs: 2, 4, 5, 10 et 15 cm, a été étudiée. Les épaisseurs du liège choisis sont ceux disponibles dans le marché Algérien.

	$\lambda$ [W/m k]	$\rho$ [kg/ m3]	Cp [kJ/Kg]
Liège	0.0504	120	0.484

TABLEAU 5 Caractéristiques thermo-physiques de liège

Epaisseur d'isolation du Liège en cm	Flux de chaleur en [GJ]	Réduction des gains thermiques en %
Sans isolation	19.59	0.00
2 cm	7.44	62.01
5 cm	6.75	65.54
10 cm	4.66	76.19
15 cm	3.68	81.21

TABLEAU 6 Réduction du gain thermique à travers la toiture isolée par le liège

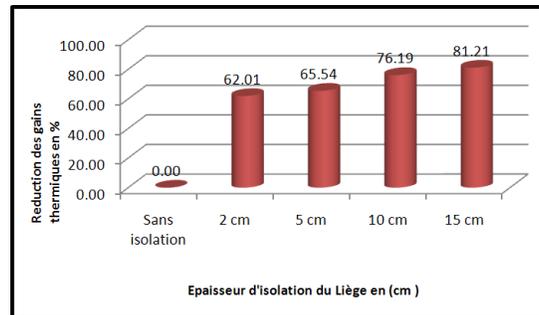


FIGURE 5 Réduction des gains thermiques à travers la toiture pour différentes épaisseurs de liège

Selon la Figure 5 et le tableau 6, on remarque que la quantité de flux échangée par convection entre la toiture et l'air interne de la salle à diminué de 81.21 % par rapport à une toiture sans isolation pour une épaisseur de 15 cm. Cette réduction est de 76.19 % pour une épaisseur de 10 cm c'est-à-dire une différence de 5.02 % moins qu'une isolation avec un liège de 15 cm.

#### b) Ajout du gravier

L'augmentation de l'inertie thermique de la toiture par l'ajout du gravier (voir tableau 7), joue un rôle très important sur la diminution du gain thermique et par conséquence, la diminution de l'énergie utilisée par la climatisation.

	$\lambda$ [W/m K]	$\rho$ [kg/ m3]	$C_p$ [kJ/Kg K]
Gravier	0.17	470	0.97

TABLEAU 7. Caractéristiques thermo-physiques de gravier

L'effet de l'épaisseur du gravier sur la réduction du gain thermique à travers la toiture de la salle des enseignants durant les cinq mois les plus chauds de l'année est présenté sur la figure 6. Les valeurs du flux de chaleur rentrant à travers la toiture sont montrées dans le tableau 8 pour les épaisseurs: 5, 10,15 et 20 cm.

Epaisseur du Gravier en cm	Flux de chaleur en [GJ]	Réduction des gains thermiques en %
Sans isolation	19.59	0.00
5 cm	12.68	35.27
10 cm	8.99	54.11
15 cm	3.92	79.99
20 cm	3.33	83.00

TABLEAU 8. Le flux de chaleur à travers la toiture avec Gravier

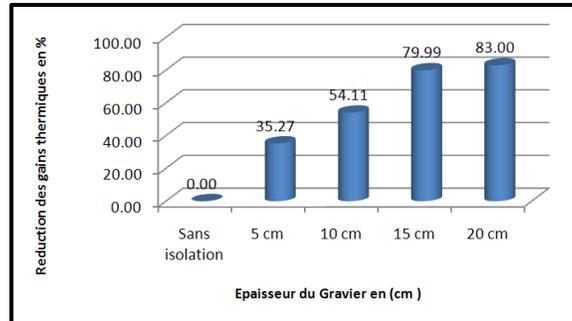


FIGURE 6. Réduction des gains thermiques à travers la toiture pour différentes épaisseurs de Gravier

On remarque qu'on peut atteindre une réduction jusqu'à 83% du gain thermique pour une épaisseur de 20 cm de gravier et presque 80% pour 15cm. Le prix du gravier relativement faible par rapport aux autres matériaux isolant, tel que le liège, peut rendre cette méthode importante et très efficace.

### 6. ISOLATION DES MURS

Le gain thermique à travers les murs des quatre façades représente 27.11% du gain thermique global de la salle. Pour réduire cette portion, une isolation thermique par polystyrène (voir tableau 9) est proposée à l'intérieure de la salle.

Les épaisseurs disponibles sur le marché Algérien du polystyrène expansé est qui sont : 2, 4, 5 et 10 cm, ont été étudiés pour chaque orientation.

Isolant	$\lambda$ [W/m K]	$\rho$ [kg/ m <sup>3</sup> ]	Cp [kJ/Kg K]
polystyrène	0,039	25	1,38

TABLEAU 9 caractéristiques thermo-physiques de polystyrène

Les résultats détaillées dans le tableau 10 est représentés sur la figure 8 montrent que l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant améliore, d'une façon remarquable, l'isolation de la salle pour toutes les orientations. Une réduction maximale de 62.36% est remarquée pour la face Ouest et une épaisseur de 10 cm de polystyrène, et avec seulement une épaisseur de 5cm, on peut arriver à réduire les gains thermiques jusqu'à 49.44% pour la même orientation.

	Réduction du gain thermique en [%]				
	Sans isolation	polystyrène 2cm	polystyrène 4cm	polystyrène 5cm	polystyrène 10cm
Mur Nord	0.00	25.37	39.02	45.85	58.05
Mur Sud	0.00	25.00	38.94	45.67	58.17
Mur Est	0.00	27.50	41.88	48.13	60.63
Mur Ouest	0.00	28.09	42.70	49.44	62.36

TABLEAU 10. Gain thermique à travers les murs avec polystyrène expansé

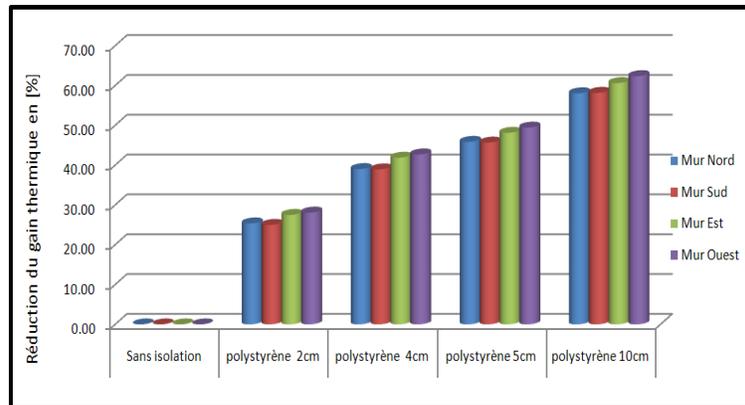


FIGURE 8 Réduction des gains thermiques à travers les murs pour différentes épaisseurs de polystyrène

## 7. CONCLUSIONS

Le bilan thermique de la salle des enseignants de l'université de Kasdi Merbah-Ouargla a été étudié pour détecter puis remédier les points thermiquement faibles de cette salle. L'outil de calcul TRNSYS a été validé par une comparaison entre les résultats numériques et celles mesurées, de la température ambiante de la salle. L'étude a montré que la toiture, est responsable de 70.62% des gains thermiques globaux, par contre 27.11% de gain est reçu par les quatre murs et 2.27% par les fenêtres. L'isolation thermique de la toiture par le Liège ou le gravier ainsi que l'isolation des murs par le polystyrène pour plusieurs épaisseurs ont été étudiés. L'isolation de la toiture par 5cm de Liège va, par exemple, réduire les gains thermiques globales de 46.29% et la même épaisseur de polystyrène (5cm) utilisée pour l'isolation des murs réduit 12.76% du gain thermique globale, c.à.d. qu'une isolation combinée de toiture et de murs avec liège et polystyrène de 5cm d'épaisseur, peut réduire jusqu'à 59.09% du gain thermique globale et atteint une réduction jusqu'à 69.96% pour une épaisseur de 10cm. Cette réduction influe directement sur la consommation de l'énergie électrique consommée par la climatisation, et la même portion de cette énergie est réduite durant les cinq mois étudiés.

## REFERENCES

- [1] M.A. BoukliHacène, N.E. Chabane Sari, B. Benyoucef et S. Amara, L'impact environnemental d'une habitation écologique, *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 13 N°4 (2010) 545 – 559 545.
- [2] Robert Dylewski etJanuszAdamczyk, Study on ecological cost-effectiveness for the thermal insulation ofbuilding external vertical walls in Poland, *Journal of Cleaner Production* 133 (2016) 467-478
- [3] N. Fezzioui, B. Droui, M. Benyamine et S. Larbi, Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien, *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 11 N°1 (2008) 25 – 34 25
- [4] R. Guechhati, M.A. Moussaoui, Ahm. Mezrhab et Abd. Mezrhab, Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments. Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda,*Revue des Energies Renouvelables* Vol. 13 N°2 (2010) 223 – 232 223
- [5] MeralOzel, The influence of exterior surface solar absorptivity on thermal characteristicsand optimum insulation thickness,*Renewable Energy* 39 (2012) 347e355
- [6] MeralOzel, Thermal performance and optimum insulation thickness of building wallswith different structure materials,*Applied Thermal Engineering* 31 (2011) 3854e3863
- [7] NaouelDaouas, A study on optimum insulation thickness in walls and energy savings in Tunisian buildings based on analytical calculation of cooling and heating transmission loads,*Applied Energy* 88 (2011) 156–164