

## Matériau isolant thermique à base de déchets ménagers et oléicoles

M. Dahli\* et R. Toubal

Département d'Architecture, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.

(reçu le 20 Mars 2010 – accepté le 20 Mai 2010)

**Résumé** – Cet article s'inscrit dans la notion d'économie d'énergie dans le bâtiment à travers l'utilisation d'éléments isolants thermiques à base de la valorisation de déchets issus de l'industrie de transformation de l'olive, ainsi que de papier-carton (cellulose). En effet, l'Algérie se caractérise par une importante activité oléicole, malheureusement génératrice de déchets, sous forme de grignon et de margine, souvent non recyclés. Nous souhaitons montrer, à travers le présent article, que le secteur du bâtiment 'dit secteur le plus polluant' peut devenir aujourd'hui le poumon écologique en terme de valorisation de déchets et de performances thermiques. L'objectif est la création et la caractérisation d'un matériau isolant à base de grignon et de papier (cellulose) de différentes compositions volumiques cellulose/grignon :  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{2}{4}$  et  $\frac{3}{4}$ . Les caractéristiques étudiées sont le coefficient de conductibilité thermique  $\lambda$  et la résistance thermique R.

**Abstract** - The present article deals with the concept of energy saving in construction through the use of thermal insulation elements based on waste recovery from oil olive industry and the paper-fiber (cellulose). Indeed, Algeria is characterized by significant oil olive activity, unfortunately generating waste in the form of Olive husk and margine, often not recycled. We want to show through the present article that the construction sector «said: the most polluting sector » can become the ecological lung in term of waste enhancement and thermal performances. The objective is the creation and characterization of an insulating material based on Olive husk and paper-fiber (cellulose) of various compositions by volume cellulose/Olive husk:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{2}{4}$  and  $\frac{3}{4}$ . The characteristics studied are the coefficient of thermal conductivity  $\lambda$  and thermal resistance R.

**Mots clés:** Energie - Isolants thermiques - Grignon - Papier - Bâtiment - Déchets.

### 1. INTRODUCTION

L'industrie en général, le bâtiment en particulier reste un des secteurs les plus pollueurs, par non seulement une surconsommation et un gaspillage d'énergie, mais également des rejets de déchets non recyclés [1].

En terme d'efficacité énergétique dans le bâtiment, l'Algérie accuse un retard considérable, essentiellement du à la subvention par l'état des énergies fossiles comme le gaz naturel. En effet l'exemple le plus signifiant est les déperditions thermiques dans une habitation qui se traduisent par des pertes de chaleur à travers les parois exposées comme les toitures, les éléments de façade exposés vers l'extérieur, les ponts thermiques, les planchers et bien sur le phénomène de renouvellement d'air [2].

Plus de 50 % de l'ensemble de ces déperditions sont l'oeuvre des toitures et des murs extérieurs [3]. Un autre élément préoccupant reste la part des déchets non recyclés, d'importantes quantités sont aujourd'hui rejetées dans la nature contaminant ainsi le milieu environnement.

---

\* uni\_ukrahoo.fr, ram\_archi

C'est dans l'optique de valorisation de déchets, pour un besoin d'efficacité énergétique dans le bâtiment, que s'inscrit le présent travail à travers l'élaboration d'un matériau isolant thermique à base de grignon, déchet issu de l'industrie de transformation d'olives, et de cellulose issue de la récupération de papier et de carton.

## 2. SOURCES DE DECHETS

Les sources de déchets sont très variées et sont classées comme suit [4, 5]:

- ◆ déchets et sous-produits de la fabrication;
- ◆ déchets de la dépollution de l'eau et de l'air;
- ◆ déchets associés à la vie du produit;
- ◆ produits en fin de vie;
- ◆ déchets du traitement des déchets.

La valorisation et le traitement de ces déchets favoriseront la protection de l'environnement ce qui nous permettra de s'inscrire dans une politique de développement durable [6, 7]. Notre intérêt sera porté sur la première catégorie de déchets à savoir les déchets de papiers-carton (cellulose) et de grignon (issu de l'industrie de transformation des olives).

### 2.1 Déchet de papier

Tout comme les déchets de construction et de démolition, la réduction des déchets ménagers reste un des objectifs de la politique environnementale. Le déchet de papiers et de cartons représente 25 % d'ordures ménagères, 71 % de déchets de bureaux et 29 % de déchets scolaires en France d'après les statistiques de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) [8] comme le montre la figure 1.

Ces déchets non valorisés, dans beaucoup de pays du monde, reste une source de pollution et de contamination du milieu environnemental. Comme le confirment les rapports d'expertises établis par le S.C.T.B. et le Centre Canadien de Matériaux de Construction, 'C.C.M.C.', les déchets de papiers sont valorisés dans le domaine de l'isolation thermique.

Les rapports établis par ces deux centres confirment le bon comportement thermique de ce matériau, en effet le coefficient de conductibilité thermique  $\lambda$  avoisine une valeur de 0,045 W/m.°C. Comme pratiquement tout autre déchet, le papier et de carton reste un déchet non valorisé et non recycle en Algérie d'où notre intérêt pour sa transformation et sa valorisation dans le domaine de l'écoconstruction.

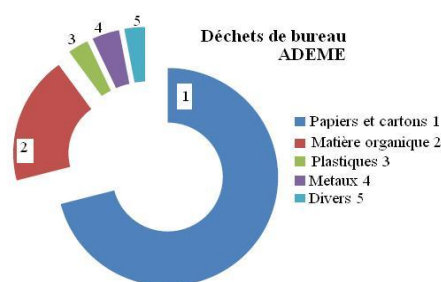


Fig. 1: Composition en masse des déchets de bureau en France (ADEME).

## 2.2 Déchet de grignon

Le bassin méditerranéen en général, l'Algérie en particulier se caractérise par une richesse inestimable en arboriculture comme le montre la figure 2, les données en pourcentage sont portées au **Tableau 1**. En effet, 71 % de la répartition mondiale des oliviers est localisée dans la région d'Europe méditerranéenne [9]. Le processus de transformation de l'olive en huile génère un déchet appelé grignon (pulpe et noyaux), traditionnellement valorisé sous forme de combustible et d'engrais [10].

**Tableau 1:** Répartition mondiale des oliviers et surfaces cultivées correspondantes [9]

Régions	Nombres d'arbres	Surface cultivée
Europe méditerranéenne	71 %	65 %
Asie – Proche Orient	13 %	11 %
Afrique (Afrique du Nord)	13 %	22 %
Amérique (Latine et USA)	3 %	2 %

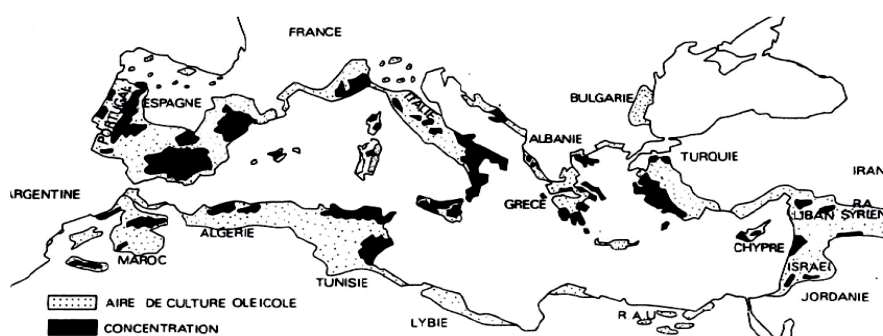


Fig. 2: Principaux pays oléicoles du Bassin Méditerranéen

## 3. CONFECTION ET CARACTERISATION DES EPROUVETTES

### 3.1 Matériaux utilisés pour la confection des éprouvettes

Afin de réaliser les essais thermiques, plusieurs éprouvettes ont été confectionnées à base de grignon et de pâte à papier (cellulose), les critères pris en compte sont les dimensions et les dosages (**Tableau 2**).

#### 3.1.1 Grignon

Le grignon, déchet de l'industrie de transformation des olives pour l'extraction des huiles, est composé d'un ensemble de grains de différentes dimensions issu du broyage des olives. Ces différents grains contiennent un résidu d'huile après le processus de broyage et de compactage. Le grignon utilisé pour la confection des éprouvettes d'essais n'a subi aucun traitement au préalable.

#### 3.1.2 Pâte de papiers (cellulose)

La pâte de papier utilisée dans la confection des éprouvettes est à base de papier journal de récupération, découpé en petits morceaux dans le but de faciliter le dosage en volume puis mélangée à l'eau. Le mélange papier-eau servira de matrice cimentaire

pour la liaison des grains de grignon dans le but d'obtenir un produit léger et résistant après séchage (grignon-papier).

**Tableau 2:** Caractéristiques dimensionnelles et différents dosages des éprouvettes Cellulose / Grignon

Eprouvettes	Dosage volumique Cellulose/Grignon	Dimensions pour essai de conductivité thermique (cm)
Groupe 1	1/4	10 × 15 × 5
Groupe 2	2/4	
Groupe 3	3/4	

### 3.2 Caractéristiques physiques des éprouvettes confectionnées

#### 3.2.1 Masse volumique

La masse volumique apparente ( $\varphi$ ) des éprouvettes confectionnées est déterminée, après séchage jusqu'à une masse constante dans une étuve à 103°C, par le rapport de la masse ( $M$ ) et du volume total ( $v$ ) du corps suivant la relation [11]:

$$\varphi = M / V \quad (1)$$

Les résultats des masses volumiques apparentes pour les trois groupes d'éprouvettes sont portés sur le **tableau 3**. Il s'agit de valeurs moyennes relevées sur trois éprouvettes pour chacun des groupes.

**Tableau 3:** Valeurs moyennes de la masse volumique

Eprouvettes	Valeurs moyennes de la masse volumique apparente $\varphi$ (kg/m <sup>3</sup> )
Groupe 1	730
Groupe 2	477
Groupe 3	382

#### 3.2.2 Conductibilité thermique

Dans le souci de bien mener l'expérience pour déterminer les valeurs du coefficient de conductibilité thermique  $\lambda$ , nous avons traité les surfaces des éprouvettes, rugueuses à l'état initial (Fig. 3), à l'aide d'une ponceuse à papier à verre dans le but d'obtenir des surfaces lisses, planes et parallèles.

Plusieurs méthodes de mesure de la conductibilité thermique sont utilisées, à titre d'exemples la méthode de plaque chaude gardée, la méthode du fil chaud, la méthode flash, la méthode Hot-Disk et la méthode calorimétrie.

#### Description du dispositif de mesure du coefficient de conductibilité thermique $\lambda$

Le dispositif utilisé pour déterminer les valeurs du coefficient de conductibilité thermique de nos éprouvettes est la méthode du fil chaud (Fig. 4). L'appareillage utilisé est le CT-mètre développé par le SCTB, conforme à la norme NF EN 993-15 [12].



Fig. 3: Epreuve cellulose/grignon



Fig. 4: Essai au CT-mètre du CNERIB

La méthode du fil chaud permet d'estimer la conductivité thermique d'un matériau à partir de l'évolution de la température mesurée par un thermocouple placé à proximité d'un fil résistif.

La sonde, constituée du fil résistif et du thermocouple dans un support isolant en kapton, est positionnée entre deux échantillons du matériau à caractériser. Le CT-mètre, développé au CSTB, utilise cette méthode avec les critères suivants :

- Conductivité de 0,02 à 5  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;
- Température de mesure de 20 à 80 °C;
- Échantillons: au moins 80 × 40 mm, de quelques millimètres d'épaisseur pour les isolants à quelques centimètres pour les conducteurs.

La résistance thermique (R) des éléments est proportionnelle à l'épaisseur (E) et inversement proportionnelle à  $\lambda$  [13], elle est déterminée suivant la relation:

$$R = \frac{E}{\lambda} \quad (2)$$

Les résultats des valeurs du coefficient de conductibilité thermique et de la résistance thermique des échantillons à base de cellulose/grignon, à différents dosages, sont portés au **Tableau 4**.

**Tableau 4:** Valeurs du coefficient de conductibilité et de résistance thermique ( $\lambda$  et  $R$ )

Eprouvettes	$\lambda$ [W/m.°C]	$R = E/\lambda$ [m <sup>2</sup> .°C/W]	
		Epaisseur 5 cm	Epaisseur 10 cm
Groupe 1	0.126	0.39	0.79
Groupe 2	0.095	0.52	1.05
Groupe 3	0.08	0.625	1.25

#### 4. INTERPRETATION DES RESULTATS OBTENUS

La cohésion des particules de grignon est assurée par la présence de pâte de papier qui joue aussi le rôle d'isolant thermique grâce à sa faible densité, conformément aux rapports d'expertises établis par le (S.C.T.B.) et le Centre Canadien de Matériaux de Construction (C.C.M.C.).

L'accroissement des valeurs du coefficient de conductibilité thermique  $\lambda$ , pour les différents dosages, est dû à la présence du grignon, en effet plus la quantité de ce dernier augmente plus les valeurs de  $\lambda$  le sont à leur tour.

En référence à la norme française NFP 75-101 [14], un produit destiné au secteur de l'habitat est défini comme isolant thermique si sa résistance thermique ( $R$ ) est au moins égale à 0,50 m<sup>2</sup>C/W. La totalité des valeurs des résistances thermiques répondent aux exigences de la norme NFP 75-101 sauf pour le groupe 1 (dosage Cellulose/Grignon ¼), avec une épaisseur de 5 cm.

#### 5. CONCLUSION

Les déchets sont de plus en plus variés et leur quantité ne cesse d'augmenter, ce qui influe négativement sur l'environnement. Leur traitement devient une nécessité pour répondre favorablement à la politique du développement durable.

Le secteur du bâtiment participe activement à la détérioration du milieu environnemental à travers non seulement les déchets générés mais également la surconsommation d'énergie. La réduction des déperditions thermiques de chauffage et de climatisation à travers l'utilisation de matériaux isolants, issu de la valorisation de déchets, est l'une des solutions à adopter.

Le bassin méditerranéen en général, l'Algérie en particulier se caractérisent par une richesse inestimable en arboriculture. 71 % de la répartition mondiale des oliviers est localisée dans la région méditerranéenne. La transformation de l'olive en huile génère un déchet appelé grignon.

D'après les statistiques de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), les déchets de papiers et de cartons représentent 25 % d'ordures ménagères, 71 % de déchets de bureaux et 29 % de déchets scolaires en France, cela justifie la nécessité de sa valorisation.

Le dispositif de mesure du coefficient de conductibilité thermique employé est la méthode du fil chaud. L'appareillage utilisé est le CT-mètre développé par le SCTB, conforme à la norme NF EN 993-15. Les dimensions des éprouvettes d'étude sont de 10 × 15 × 5 cm.

Les valeurs expérimentales du coefficient de conductibilité thermique  $\lambda$  pour les différents dosages sont respectivement: 0,08 pour la composition  $\frac{1}{4}$  grignon  $\frac{3}{4}$  papier, 0,095 pour la composition  $\frac{2}{4}$  grignon  $\frac{2}{4}$  papier et 0,126 pour la composition  $\frac{3}{4}$  grignon  $\frac{1}{4}$  papier.

Le secteur du bâtiment dit 'secteur le plus pollueur' peut sans aucun doute devenir un poumon écologique en terme de valorisation de déchets de toutes provenances et bien sur d'efficacité énergétique qui ne peut se traduire qu'à travers une isolation thermique renforcée et une conception architecturale bioclimatique en parfaite symbiose avec son environnement.

## 6. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement le chef de département, Matériaux de Construction, Brara Ahmed, ainsi que les techniciens du Laboratoire du Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées en Bâtiment (CNERIB), pour nous avoir permis la concrétisation des essais.

## REFERENCES

- [1] C. Terrible, V. Vincent et F. Florio, '*Déchets du Bâtiment et des Travaux Publics*', dans la Revue: Techniques de l'Ingénieur, C5600, Août 2006.
- [2] N. Chaumier, '*Les Economies d'Energie dans le Bâtiment*', Cahier Technique N°206, CT 206, Edition Mai 2003.
- [3] Document, '*R.T. 2005, Réglementation Thermique Française*', 2005.
- [4] L. Pliskin, '*La Fabrication du Ciment*', Ed. Eyrolles, 213 p., Paris, 1993.
- [5] A. Navarro, '*Approche Systémique des Déchets*', Techniques de l'Ingénieur, Traité Environnement, G 2000-8.
- [6] J.P. Charles, S. Duchemin et M.C. Gillet-Artaud, '*Pour un Développement Durable: Le Photovoltaïque, Développement et Recherche 2003*', Revue des Energies Renouvelables, ICPWE, pp. 1 – 6, 2003.
- [7] Document, '*Notre Avenir à Tous*', Rapport de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (Commission Brundtland), les Editions du Fleuve, 1989. Traduction Française, 'our common future', 1987.
- [8] A. Liébard et A. De Herde, '*Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatique*', Edition Le Moniteur, Paris 2004.
- [9] R. Loussert et G. Brousse, '*L'Olivier, Techniques Agricoles et Productions Méditerranéennes*', pp. 1-6, 1978.
- [10] C. Ghabi, H. Benticha et M. Sassi, '*Modélisation et Simulation Numérique de la Pyrolyse du Noyau d'Olive*', Afrique Science, Vol. 2, N°2, pp. 142 – 162, 2006.
- [11] Y. Couasnet, '*Propriétés et Caractéristiques des Matériaux du Bâtiment*', Le Moniteur, 2<sup>ème</sup> Edition, 370 p. Paris 2007.

- [12] NF EN 993-15 – ‘*Méthodes d’Essai pour Produits Réfractaires Façonnés Denses-Partie 15 : Détermination de la Conductivité Thermique par la Méthode du Fil Chaud*’, Octobre 2005.
- [13] J.M. Roucoult, ‘*Contribution à l’Etude du Comportement Thermique des Parois Multicouches de Bâtiment et à la Mesure des Caractéristiques Thermo-Physiques des Matériaux Constitutifs*’, Thèse de Doctorat ès Sciences, Paris 1980.
- [14] NF P 75 101: ‘*Norme Française: Isolants Thermiques Destinés au Bâtiment*’, Octobre 1983.