



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2017/06/19

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2018/01/28

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2024/01/23

(30) Priorité/Priority: 2016/07/28 (FR16 70413)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C08G 18/16* (2006.01),
C08G 18/30 (2006.01), *C08G 18/72* (2006.01),
C08J 9/02 (2006.01)

(72) Inventeurs/Inventors:
ARBENZ, ALICE, FR;
LAURICHESSE, STEPHANIE, FR;
PERRIN, REMI, FR;
BINDSCHEDLER, PIERRE ETIENNE, FR;
AVEROUS, LUC, FR

(73) Propriétaires/Owners:
SOPREMA, FR;
UNIVERSITE DE STRASBOURG, FR; ...

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UNE MOUSSE POLYURETHANE-MODIFIEE, MOUSSE OBTENUE ET UTILISATIONS

(54) Title: FABRICATION PROCESS FOR MODIFIED POLYURETHANE FOAM, FOAM THUS OBTAINED AND USES THEREOF

(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'une mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR », caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à : - a) fournir une huile ou un mélange d'huiles dont au moins 50 % en poids des acides gras ont une chaîne carbonée en C18 ou plus et dont les acides gras présentent un indice d'iode global I_{iode} d'au moins 100 g d'I₂/ 100 g, - b) époxyder au moins 50 % des doubles liaisons présentes dans ladite huile ou ledit mélange afin de former les époxydes correspondants, - c) faire réagir directement, in situ, les époxydes obtenus précédemment avec des groupements isocyanates ou diisocyanates pour obtenir des dérivés d'oxazolidones correspondants, ce sans passer par la formation intermédiaire de polyols issus des époxydes, en présence d'au moins un catalyseur adapté et d'au moins un agent gonflant, ce afin d'obtenir ladite mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate "PUIR". Elle concerne également les mousses « PUIR » susceptibles d'être obtenue par la mise en oeuvre du procédé et leurs utilisations, comme matériau d'isolation rigide, en particulier comme matériau ou panneaux d'isolation rigides pour toitures.



(73) **Propriétaires(suite)/Owners(continued):**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, FR

(74) **Agent:** GOWLING WLG (CANADA) LLP

ABREGE DESCRIPTIF

Procédé de fabrication d'une mousse polyuréthane-modifiée, mousse obtenue et utilisations

La présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'une mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR », caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

- a) fournir une huile ou un mélange d'huiles dont au moins 50 % en poids des acides gras ont une chaîne carbonée en C18 ou plus et dont les acides gras présentent un indice d'iode global I_{iode} d'au moins 100 g d' I_2 / 100 g,
- b) époxyder au moins 50 % des doubles liaisons présentes dans ladite huile ou ledit mélange afin de former les époxydes correspondants,
- c) faire réagir directement, in situ, les époxydes obtenus précédemment avec des groupements isocyanates ou diisocyanates pour obtenir des dérivés d'oxazolidones correspondants, ce sans passer par la formation intermédiaire de polyols issus des époxydes, en présence d'au moins un catalyseur adapté et d'au moins un agent gonflant, ce afin d'obtenir ladite mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate "PUIR".

Elle concerne également les mousses « PUIR » susceptibles d'être obtenue par la mise en œuvre du procédé et leurs utilisations, comme matériau d'isolation rigide, en particulier comme matériau ou panneaux d'isolation rigides pour toitures.

**Procédé de fabrication d'une mousse polyuréthane-modifiée, mousse
obtenue et utilisations**

DESCRIPTION

La présente invention concerne le domaine de la fabrication de mousses de type polyuréthane et leurs utilisations, en particulier dans le domaine de l'isolation, notamment pour l'isolation thermique des bâtiments, et en particulier les produits isolants sous forme de mousses rigides et les
5 panneaux isolants rigides qui en découlent.

Les matériaux actuellement utilisés dans le domaine de l'isolation sont principalement réalisés à base de polymères dérivés du pétrole.

Or, les mousses d'isolation synthétiques actuelles présentent des
10 inconvénients pénalisants dans le contexte du développement durable.

En effet, ces produits connus utilisent des matériaux dérivés des matières premières fossiles et non renouvelables, nécessitent des quantités d'énergie importantes pour leur obtention et leur transformation, et/ou sont difficilement, voire non recyclables.

15 Plus précisément, l'utilisation de matières synthétiques implique souvent l'utilisation de matériaux ou de dérivés organiques issus de la pétrochimie avec de nombreuses et coûteuses étapes de production.

Ces différents facteurs négatifs sont particulièrement pénalisants dans le cadre de l'ICV (Inventaire du Cycle de Vie) de produits, et confèrent
20 à ces derniers un résultat d'ACV (Analyse du Cycle de Vie) très peu favorable. En effet, l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre (GWP) d'une mousse d'isolation synthétique (XPS, PSE ou PU) est environ 10 fois plus élevé que celui des isolants naturels (fibres de bois, ouate de cellulose) : 200 g eq. CO₂ / 20 g eq. CO₂ pour une résistance thermique et une application
25 équivalente (source : FDES présentes sur la base INIES en juin 2016).

Par ailleurs, la volatilité des cours du pétrole a également un impact direct sur les coûts des matières premières utilisées.

On connaît depuis fort longtemps l'utilisation de mousses polyuréthane (PU) synthétiques dans le domaine de l'isolation. Ces dernières
30 sont issues de la réaction entre des isocyanates et des polyols en présence d'un agent gonflant.

Dans les procédés de fabrication de ces mousses actuellement mis en œuvre, on peut déjà utiliser des matières naturelles renouvelables à

la place du ou d'une partie des matières issues de ressources fossiles ou des produits pétroliers dérivés.

En particulier, on connaît l'utilisation d'huiles végétales que l'on traite pour les transformer en polyols. Les huiles végétales sont majoritairement constituées par les triglycérides qui sont des triesters d'acides gras et de glycérol. La formule chimique générale est la suivante (Figure 1) :

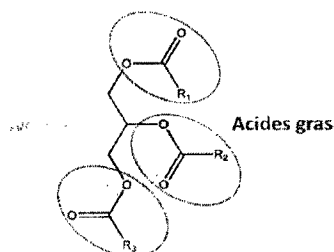


Figure 1. Structure d'un triglycéride avec R_1 , R_2 et R_3 les différentes chaînes grasses.

La composition des acides gras dans les triglycérides varie et dépend de la source végétale, de la saison et des conditions de cultures (humidité, ensoleillement, nature du sol...).

Les huiles les plus couramment utilisées comme les huiles de soja, de lin, de colza ou de tournesol sont essentiellement composées d'acides gras possédant une chaîne aliphatique de 18 carbones. Par ailleurs, la position des insaturations varie ainsi que leur nombre. Ces doubles liaisons ont un impact sur les propriétés chimiques et physiques des huiles.

Pour pouvoir caractériser le nombre d'insaturations présentes dans un triglycéride, l'indice d'iode est utilisé. Il est déterminé par le dosage des doubles liaisons par l'iode. La méthode expérimentale classique de mesure de l'indice d'iode I_{iode} est la « Méthode de Wijs ». Les huiles peuvent ainsi être classées selon trois catégories en fonction de la valeur cet indice (Table 1).

Table 1. Classement des huiles végétales en fonction de leur indice d'iode

Type d'huile	Indice d'iode I_{iode}	Exemple
siccative	$I_{\text{iode}} > 170$	Huile de lin, algale
semi-siccative	$170 > I_{\text{iode}} > 100$	Huile de soja
non siccative	$100 > I_{\text{iode}}$	Huile de palmiste

En fonction de leur origine, les huiles végétales ont des compositions différentes en acides gras et donc un indice d'acide différent (Table 2). La caractéristique structurale la plus importante, ainsi que le site réactif des huiles, sont les insaturations.

Table 2. Composition d'acides gras d'huiles industrielles (végétales et de micro algues).

Type acide gras %	10: 0	12: 0	14: 0	14: 1	16: 0	16: 1	18: 0	18: 1	18: 2	18: 3	20: 0	20: 1	20: 5	a u t r e s
Huiles céréalières														
Colza	-	-	0,5	-	4	-	1	60	20	9	2	-	-	-
Tournesol	-	-	-	-	6	-	4	28	61	-	-	-	-	-
Palmiste	5	50	15	-	7	-	2	15	1	-	-	-	-	-
Lin	-	-	-	-	5	-	4	22	15	52	-	-	-	-
Soja	-	-	-	-	10	-	5	21	53	8	0,5	-	-	-
Huiles de microalgues														
<i>Chlorella</i>	-	-	-	-	31	2	4	43	11	6	0,5	0,5	-	-
<i>Pavlova</i>	33	-	-	-	18	11	-	4	1	-	-	-	29	5
<i>Spirulina</i>	-	-	3	6	31	6	-	2	48	-	-	-	-	5

10

L'utilisation d'huile végétale pour faire des polymères n'est pas nouvelle. Cependant, durant ces dernières années, une problématique spécifique liée à la compétition d'une partie de cette ressource avec l'alimentaire est apparue. Cette problématique a favorisé l'émergence des microalgues comme sources de triglycérides.

15

Les principales raisons pour lesquelles les microalgues représentent un intérêt supplémentaire par rapport aux cultures végétales sont :

- (i) Une efficacité améliorée couplée à une réduction des coûts : les coûts de récolte et de transport sont généralement plus bas que ceux pour les cultures céréalières.
 - (ii) La culture des microalgues n'entre pas en compétition avec d'autres cultures utilisées pour la production alimentaire et elle demande une surface plus modérée comparé à d'autres sources.
- Les microalgues peuvent être cultivées dans des environnements

25

totallement inadaptés pour d'autres récoltes et produisent souvent un rendement bien supérieur.

- (iii) La plupart des microalgues ont des taux de lipides compris entre 20 et 50 % de leur poids sec et le temps nécessaire pour doubler la quantité de biomasse varie de 4h à quelques jours.
- (iv) D'autres produits que les lipides tels que des sucres, des protéines, etc. peuvent être valorisés. De plus, cette culture ne nécessite ni herbicides, ni pesticides.
- (v) Les microalgues peuvent fixer le CO₂ participant ainsi à la réduction les taux atmosphériques.

La quasi-totalité des transformations de triglycérides en polyols commence par une extraction des acides gras puis des modifications chimiques de ces acides gras en vue d'y greffer des fonctions hydroxyle (alcool). Les principales voies de modifications sont les suivantes :

- Polyols préparés par époxydation suivie de l'ouverture de cycle :
Généralement, les polyols dérivés des huiles végétales sont préparés par une époxydation suivie d'une ouverture de cycle. Les propriétés finales des PU obtenus à partir de ces polyols dépendent de nombreux paramètres tels que la composition en acides gras des triglycérides, le pourcentage d'époxydation (lors du passage par les époxydes), et enfin, la position et le nombre de fonctions OH.

- Polyols préparés par hydroformylation et réduction :
Contrairement à l'ouverture des époxydes qui donne des alcools secondaires, l'hydroformylation permet de synthétiser des alcools primaires qui sont plus réactifs que ceux qui sont secondaires.

Polyols obtenus par ozonolyse et réduction :

Par cette voie, les polyols obtenus sont composés au maximum de trois OH par triglycéride puisque situés au bout de chaque chaîne grasse.

- On fait ensuite réagir de façon classique les fonctions hydroxyle des polyols présentes avec des groupements isocyanate pour former des polyuréthanes, par exemple sous forme de mousses qui s'expansent grâce à la présence d'un agent gonflant (chimique ou physique) et se qui rigidifient par la suite pour former l'isolant désiré.

- Un dérivé de ces mousses en polyuréthane est la mousse de polyisocyanurate. La différence entre les deux réside essentiellement dans le ratio entre les fonctions alcool et isocyanate utilisé (ratio de 1/1 pour les

polyuréthanes et 1/3 pour les polyisocyanurates). Les mousses de polyisocyanurate ont des propriétés de tenue au feu améliorées.

Toutefois, ces procédés de transformation des huiles végétales en polyols présentent plusieurs inconvénients dans la mesure où ils sont
5 complexes et donc relativement coûteux car difficilement contrôlables en termes de rendements et de pureté des produits obtenus.

De façon inattendue et surprenante, les inventeurs de la présente demande ont découvert qu'il était possible de fabriquer des mousses polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR » directement à
10 partir d'huiles sans devoir passer nécessairement soit, par des étapes d'extraction des acides gras puis par une étape de formation de polyols en hydroxylant lesdits acides gras, soit par l'époxydation des huiles puis l'ouverture des cycles époxy.

De plus, l'utilisation d'huiles spécifiques permet d'obtenir des
15 mousses particulièrement avantageuses, notamment lorsqu'on utilise des huiles issues de microalgues. En effet, ces huiles ont des profils en termes de longueurs des chaînes carbonées des acides gras et en termes d'insaturations (nombre et/ou emplacements des doubles liaisons sur les branches hydrocarbonées desdits acides gras) particulièrement intéressantes
20 pour fabriquer les mousses souhaitées, à fort degré de réticulation, ce sans faire appel à des produits synthétiques comme ceux issus du pétrole et tout en conservant des propriétés physico-chimiques satisfaisantes voire améliorées pour les mousses obtenues.

Prenant le contre-pied des procédés classiques, la présente
25 invention propose donc un procédé de fabrication d'une mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR », caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

- a) fournir une huile ou un mélange d'huiles dont au moins
30 50 % en poids des acides gras ont une chaîne carbonée en C18 ou plus et dont les acides gras présentent un indice d'iode global (I_{iode}) d'au moins 100 g d'I₂/ 100 g, de préférence d'au moins 125 g d'I₂/ 100 g et plus préférentiellement d'au moins 150 g d'I₂/ 100 g,

- b) époxyder au moins 50 % des doubles liaisons présentes
35 dans ladite huile ou ledit mélange afin de former les époxydes correspondants,

- c) faire réagir directement, in situ, les huiles époxydées obtenues précédemment avec des groupements isocyanates ou diisocyanates

pour obtenir des dérivés d'oxazolidones correspondants, ce sans passer par la formation intermédiaire de polyols issus des époxydes, en présence d'au moins un catalyseur adapté et d'au moins un agent gonflant, ce afin d'obtenir ladite mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate "PUIR".

5 Avantageusement, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que l'huile utilisée à l'étape a) est une huile présentant au moins 25 % en poids d'acides gras avec une chaîne carbonée au moins en C20 (c'est-à-dire des chaînes avec au moins 20 atomes de carbone) et dont les acides gras présentent un indice d'iode global I_{iode} d'au moins 200 g d' I_2 / 100 g.

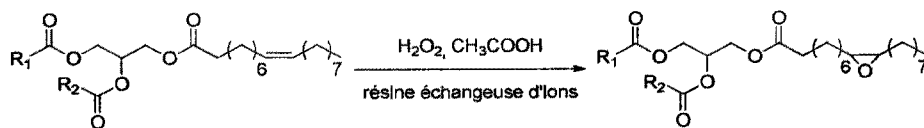
10 Selon une autre caractéristique, l'huile utilisée à l'étape a) comprend au moins une huile obtenue à partir d'au moins une microalgue.

Avantageusement, la ou les microalgues sont choisies dans le groupe formé par : schizochytrium sp., chlorella sp., porphyridium cruentum, pavlova et spirulina.

15 Selon un autre mode de réalisation, l'huile utilisée à l'étape a) comprend au moins une huile végétale, de préférence de l'huile de colza, de l'huile de tournesol, de l'huile de lin et/ou de l'huile de soja.

 Selon une variante, l'étape b) d'époxydation se fait à chaud, à une température comprise entre 40 °C et 100 °C pendant au moins 2 heures en utilisant un mélange d'eau oxygénée et d'acide acétique.

20 La méthode utilisée pour réaliser l'époxydation consiste à former de l'acide peracétique in-situ par la réaction entre l'acide acétique et le peroxyde d'hydrogène. Cette dernière est avantageusement catalysée par une résine échangeuse d'ions à 60 °C dans du toluène durant 12 h (Figure 2). Les taux de conversion en époxydes peuvent alors atteindre près de 100 %.



30 **Figure 2.** Synthèse de triglycérides époxydés.

Un autre procédé couramment utilisé fait réagir de l'acide peroxyacétique et l'acide peroxyformique sur les huiles végétales. Ce procédé permet d'atteindre des taux de conversion proche de 90 %.

De façon préférée, l'étape c) se fait à température ambiante, soit environ 20 °C, c'est-à-dire sans chauffage, l'exothermie de la réaction permettant à elle seule d'initier la réaction de formation des oxazolidones.

En effet, lorsque des fonctions isocyanate sont chauffées en présence de groupements époxydes, des cycles oxazolidones peuvent se former en même temps que la formation d'isocyanurates et l'homopolymérisation des époxydes. On sait que les principales réactions se font les unes après les autres au fur et à mesure que la température augmente : dans un premier temps à lieu la formation d'isocyanurates (Figure 3, réaction 1), ensuite la réaction entre les époxydes et les isocyanates se produit pour donner les cycles oxazolidones (Figure 3, réaction 2), enfin les isocyanurates se décomposent en réagissant avec les époxydes pour former des cycles oxazolidones (Figure 3, réaction 3).

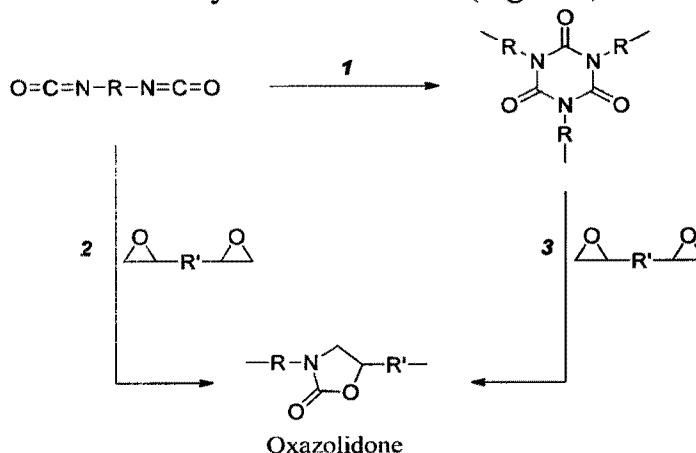


Figure 3. Formation des oxazolidones

Les catalyseurs utilisés couramment pour ce type de réaction sont l'imidazole et les amines tertiaires.

Selon un autre mode de réalisation, on ajoute à l'étape c) un ou plusieurs polyols extérieurs.

Avantageusement, les groupements isocyanates ou diisocyanates de l'étape c) sont fournis par des isocyanates ou diisocyanates aromatiques, notamment du MDI ou du TDI.

La présente invention a également pour objet une mousse « PUIR » susceptible d'être obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

De façon remarquable, la mousse « PUIR » obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'invention est caractérisée en ce qu'elle contient au moins 10 % en masse d'une huile issue de microalgue(s).

5 Par ailleurs, la mousse « PUIR » obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'invention est caractérisée en ce qu'elle présente un taux de cellules fermées supérieur à 90 %.

Enfin, la présente invention a encore pour objet l'utilisation d'une mousse « PUIR » selon l'invention comme matériau d'isolation rigide, en particulier comme matériau d'isolation thermique rigide pour
10 toitures, de préférence sous forme de panneaux d'isolation thermique rigides.

L'invention sera mieux comprise, grâce à la description ci-après, qui se rapporte à des modes de réalisation préférés, donnés à titre d'exemples non limitatifs.

15 Le fait d'utiliser une huile d'origine renouvelable avec peu de transformation et peu ou pas du tout de polyols synthétiques permet notamment :

- (i) d'améliorer l'analyse de cycle de vie et la fiche de données environnementales des membranes d'étanchéité,
- 20 (ii) d'être en parfaite adéquation avec la prise de conscience sociétale sur l'environnement (Grenelle de l'environnement),
- (iii) d'être indépendant de l'approvisionnement et du prix de ressources fossiles,
- (iv) d'utiliser des ressources renouvelables disponibles, en particulier
25 des ressources qui n'entrent pas en compétition avec des denrées utilisés dans d'autres domaines, en particulier dans l'alimentation humaine et/ou animale (soja, maïs, tournesol...),
- (v) d'avoir des matériaux stables thermiquement à plus haute température, ceci étant dû au fait que les liaisons oxazolidone
30 sont thermiquement plus stables que les liaisons uréthane ou isocyanurate, et
- (vi) d'avoir des prix de mousses réduits.

Les composés réactifs (insaturations sur les chaînes des acides gras) présents dans les huiles naturelles utilisées ont donc l'avantage de
35 provenir de ressources renouvelables, disponibles en quantité industrielle et à des prix compétitifs, ces composés étant, par exemple, présents en grande

proportion dans les huiles de colza ou les micro-algues des familles des schizochytrium ou des spirulines.

EXEMPLES : Fabrication d'une mousse selon l'invention

Epoxydation d'huiles naturelles renouvelables :

- 5 Choix des huiles : Huile de Colza « Radia 6101 »^{MC} de la société Olean avec un $I_{\text{iode}} = 133 \text{ g d'I}_2 / 100 \text{ g}$ et huile extraite de la microalgue schizochytrium sp. avec un I_{iode} de $266 \text{ g d'I}_2 / 100 \text{ g}$.

Les huiles sont totalement epoxydées de façon classique par la méthode de formation in-situ de l'acide paracétique selon le procédé suivant :

- 10 Dans un réacteur sont mélangés les huiles avec du toluène, de l'Amberlite^{MC} IR-120 H (résine échangeuse de cations) et de l'acide acétique. Les ratios molaires entre les insaturations de l'huile /Amberlite/ acide acétique sont les suivants : 1/0,5/0,5 La solution est agitée à 70 °C et 1,5 mol d'une solution de peroxyde d'hydrogène à 30 % est lentement
15 ajoutée au milieu. Une fois ajoutée, la solution est agitée pendant 7h à 70 °C. Les étapes de purification, filtration puis évaporation du solvant sont ensuite réalisées. Nous obtenons ainsi des huiles de colza ou d'algues epoxydées (respectivement HCE et HAE).

Réalisation de la mousse :

- 20 L'isocyanate utilisé est un pMDI de la société Wanhua (Wannate PM-700). On commence par mélanger (en % massiques de la formule totale) avec un mélangeur à hélice, l'huile epoxydée susvisée, un éventuel polyol avec un tensioactif siliconé (1 %) avec des catalyseurs DMCHA et de l'octoate de potassium (0,8 %), un agent gonflant
25 physique tel que l'isopentane (6 %) ainsi qu'un agent gonflant chimique tel que l'eau (0,5 %). Une fois l'émulsion réalisée, on rajoute l'isocyanate dans un ratio molaire Epoxy – hydroxyle éventuel / isocyanate = 3.

- Le moussage se fait librement. La réactivité et les caractéristiques des
30 mousses sont comparées à une mousse de référence faite avec le polyol de glycérol oxypropylé (PO) connu sous la dénomination « ADIANSOL GO 360 »^{MC} de la société CECA.

Résultats :

	Référence : Polyol (PO)	Ratio PO / HCE : 75/25	Ratio PO /HAE : 75/25	Ratio PO /HAE : 10/90
Teneur en biosourcé de la mousse	4	9	8	29
Temps de crème (s)	20	24	22	34
Temps de fil (s)	129	165	160	225
Temps hors poisse (s)	238	450	375	535
Taux de cellules fermées (%)	93	92	93	85
Taille médiane des cellules (µm)	374	441	379	450
Stabilité thermique (°C) pic ATG sous azote	310	330	335	350

- 5 Dans les conditions industrielles d'une ligne de production de panneaux isolants en mousse rigide, les composants sont mélangés dans une tête haute pression (200 bars) à 18 °C. Le mélange est répandu sur un parement en aluminium de 75 µm et entre dans une zone de conformation de l'épaisseur. Un parement aluminium est déroulé en surface de la mousse
- 10 afin d'avoir un panneau d'isolation thermique de type connu sous la dénomination « Efigreen Acier » de la société SOPREMA.

- De façon avantageuse, on utilise la mousse obtenue dans un panneau rigide d'isolation thermique pour des applications dans le bâtiment. Ce dernier peut être utilisé à son tour pour isoler des sols, murs ou
- 15 toitures, etc.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution

- 11 -

d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR », caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

5 - a) fournir une huile ou un mélange d'huiles dont au moins 50 % en poids des acides gras ont une chaîne carbonée en C18 ou plus et dont les acides gras présentent un indice d'iode global I_{iode} d'au moins 100 g d' I_2 / 100 g,

 - b) époxyder au moins 50 % des doubles liaisons présentes dans ladite huile ou ledit mélange afin de former les époxydes correspondants, et

10 - c) faire réagir directement, in situ, les huiles époxydées obtenues précédemment avec des groupements isocyanates ou diisocyanates pour obtenir des dérivés d'oxazolidones correspondants, ce sans passer par la formation intermédiaire de polyols issus des époxydes, en présence d'au moins un catalyseur adapté et d'au moins un agent gonflant, ce afin d'obtenir
15 ladite mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate "PUIR".

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les acides gras présentent un indice d'iode global I_{iode} d'au moins 125 g d' I_2 / 100 g.

20

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les acides gras présentent un indice d'iode global I_{iode} d'au moins 150 g d' I_2 / 100 g.

25

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'huile utilisée à l'étape a) est une huile présentant au moins 25 % en poids d'acides gras avec une chaîne carbonée en au moins C20 et dont les acides gras présentent un indice d'iode global I_{iode} d'au moins 200 g d' I_2 / 100 g.

30

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'huile utilisée à l'étape a) comprend au moins une huile obtenue à partir d'au moins une microalgue.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce la ou les microalgues sont schizochytrium sp., chlorella sp., porphyridium cruentum, pavlova ou spirulina.

5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'huile utilisée à l'étape a) comprend au moins une huile végétale.

10 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'huile végétale est de l'huile de colza, de l'huile de tournesol, de l'huile de lin, de l'huile de soja ou un mélange de ces huiles.

15 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'étape c) se fait à température ambiante, soit à environ 20 °C.

20 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'étape b) d'époxydation se fait à chaud, à une température comprise entre 40 °C et 100 °C pendant au moins 2 heures en utilisant un mélange d'eau oxygénée et d'acide acétique.

25 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'on ajoute à l'étape c) un ou plusieurs polyols extérieurs.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les groupements isocyanates ou diisocyanates de l'étape c) sont fournis par des isocyanates ou diisocyanates aromatiques.

30 13. Mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR » obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.

35 14. Mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR » obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que ladite mousse contient au moins 10 % en masse d'une huile issue de microalgue(s).

15. Mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR » obtenue par procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que ladite mousse présente un taux de cellules fermées supérieur à 90 %.

5

16. Utilisation d'une mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR » telle que définie dans l'une quelconque des revendications 13 à 15, comme matériau rigide d'isolation.

10

17. Utilisation d'une mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR » selon la revendication 16, comme matériau d'isolation thermique rigide pour toitures.

15

18. Utilisation d'une mousse polyuréthane-modifiée isocyanurate dite « PUIR » selon la revendication 17, sous forme de panneaux d'isolation thermique rigides.