







## Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is a Publisher's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/23539>

### To cite this version:

Mouloungui, Zéphirin  and Lacroux, Eric  and Vaca-Garcia, Carlos  and Peydecastaing, Jérôme  *Destruction des farines animales : Valorisation des fractions lipidiques en biolubrifiants et additifs biocarburants, et du résidu protéique (ou de l'ensemble) pour la fabrication de matériaux polymères.* (2004) INRA Productions Animales, 17 (Hors série). 117-122. ISSN 2273-774X

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

INRA Prod. Anim.,  
2004, Numéro  
hors série, 117-122

Z. MOULOUNGUI, E. LACROUX,  
C. VACA-GARCIA, J. PEYDECASTAING

UMR 1010 INRA / INPT-ENSIACET,  
Equipe Lipo-Oléo-Protéo-Chimie®,  
Laboratoire de Chimie  
Agro-industrielle, Ecole Nationale  
Supérieure des Ingénieurs en Arts  
Chimiques Et Technologiques, Site de  
Rangueil, 118 route de Narbonne,  
F-31077 Toulouse Cedex 4

Courriel : Zephirin.Mouloungui@ensiacet.fr

# Destruction des farines animales : Valorisation des fractions lipidiques en biolubrifiants et additifs biocarburants, et du résidu protéique (ou de l'ensemble) pour la fabrication de matériaux polymères

## Résumé

L'objectif des travaux est d'étudier la faisabilité de nouvelles voies d'élimination et de valorisation des farines animales. Nous abordons ici l'étude de deux voies de valorisation complémentaires et indépendantes : d'une part, la valorisation de la fraction lipidique en « biocarburant » et « biolubrifiant » et, d'autre part, celle du résidu délipidé ou de l'ensemble de la matrice dans la fabrication de matériaux polymères. Dans un premier temps, les études développées se proposent de mettre en œuvre un suivi qualité selon les recommandations de la Direction Générale de l'Alimentation. Ensuite, l'étude de la mise en œuvre d'outils d'extraction à haut débit et de méthodes rapides de caractérisation des constituants majeurs et mineurs a pour but de caractériser la matrice « farines animales ». La connaissance de la composition de la matrice a gouverné l'orientation de la stratégie de transformation de la fraction lipidique axée sur les études de transfert d'acyles. Elle permet d'obtenir des acides gras à partir des lipides extraits, puis de les utiliser pour synthétiser des esters gras simples. En perspective, nous proposons d'associer cette méthodologie à des technologies spécifiques qui permettront d'envisager la décontamination des farines animales lors de leur transformation. La deuxième partie des travaux consiste à utiliser les farines animales ainsi que les farines obtenues après extraction des lipides comme matières premières dans le cadre d'une étude de faisabilité concernant de nouveaux matériaux polymères. Il s'agit de procéder à la déstructuration thermochimique des macromolécules animales (susceptible de dégrader l'agent pathogène) dans le but de les réduire à l'état de monomères destinés à participer à la synthèse d'un nouveau polymère. Les essais de liquéfaction de cette matrice en présence de phénol ont donné des résultats encourageants. La fabrication de matériaux polymères constituerait une voie de valorisation permettant d'écouler de grandes quantités de farines animales.

## 1 / Problématique

Le 28 juin 1996, en raison du lien possible entre la maladie de Creutzfeldt-Jakob et la maladie de l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine (ESB), le gouvernement français interdit l'utilisation de matériels à risques dans la fabrication des farines de viande. Le 14 novembre 2000, l'utilisation des farines et graisses animales dans l'alimentation des animaux de rente est suspendue. Ces mesures ont entraîné une accumulation importante de cette biomasse de déchets animaux, même si des voies de valorisation dans la filière énergétique ont été mises en place immédiatement.

A défaut de capacités suffisantes d'incinération, le stockage des farines stérilisées est accepté jusqu'à la mise en place de nouvelles unités de traitements. C'est pourquoi, face à cette augmentation soudaine de déchets à incinérer, il est apparu vital de trouver de nouveaux débouchés de valorisation. Nos études visent ainsi à valoriser les farines animales de différentes manières tout en évitant de produire de nouveaux déchets.

- Une des voies étudiées est la faisabilité de la transformation de la graisse animale en esters méthyliques ou éthyliques valorisables en biocarburant ou en biolubrifiant. Le Diester® est le nom donné en France au biocarburant issu d'huiles végétales. Il s'agit d'un Ester Méthylique d'Huiles Végétales (EMHV) comme celles de colza ou de tournesol, qui est mélangé au gazole à hauteur de 5 % afin de préparer un carburant pour moteur diesel. Les biocarburants sont une alternative moins polluante aux produits pétrochimiques. De plus, ces esters méthyliques, qu'ils soient d'origine animale ou végétale, ont l'avantage de pouvoir jouer le double rôle de biocarburants et d'additifs lubrifiants. Les esters méthyliques produits à partir de la matrice carnée se positionnent donc comme nouveaux candidats dans cette filière biocarburant qui était jusqu'à présent limitée aux EMHV.

Là où les esters d'origine animale peuvent se distinguer par rapport à ceux d'origine végétale, c'est sur le plan des propriétés carburant proprement dites. En effet, la différence essentielle entre la graisse animale et les huiles végétales vient de la nature des acides gras qui les constituent. L'évolution de ce marché biocarburant, pour l'instant limité aux EMHV, vers les esters méthyliques de graisse animale permettrait la destruction d'une partie des farines animales tout en valorisant la graisse qu'elles contiennent. Ceci étant une alternative intéressante à la destruction par incinération.

- La deuxième voie envisageable est la valorisation des farines animales en matériaux polymères. Les farines animales ainsi que les farines obtenues après extraction des lipides sont utilisées comme matière première dans le cadre d'une étude de faisabilité concernant de nouveaux matériaux polymères. Il s'agit de procéder à la liquéfaction des macromolécules animales en présence d'un solvant et d'un acide fort afin de les déstructurer chimiquement dans le but de les réduire à l'état de monomères solubles dans ce même solvant. Le liquéfiât ainsi obtenu est ensuite utilisé pour la production d'un nouveau polymère présentant une structure chimique et des propriétés différentes du matériau de départ.

L'intérêt de ces travaux est double car d'une part ils pourraient permettre, par la déstructuration chimique qu'entraîne la liquéfaction, de dégrader l'agent prion et d'autre part l'utilisation des farines animales comme matières premières dans le cadre de la fabrication de matériaux polymères constituerait une voie de valorisation de celles-ci permettant d'en écouler de grandes quantités.

## 2 / Démarche qualité

Notre préoccupation première a été d'établir une démarche qualité basée sur la traçabilité. Pour ce faire, nous avons suivi les consignes de la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) et avons mis en place un dispositif de suivi, en concertation avec la

Direction des Services Vétérinaires, le fournisseur de farines animales et le responsable Hygiène et Sécurité de l'INRA de Toulouse. La farine carnée utilisée pour nos travaux est issue de déchets d'abattoirs et d'ateliers de découpe provenant exclusivement d'animaux sains.

Notre programme de recherche s'inscrit donc dans une optique de valorisation des fractions lipidique, protéique ou de l'ensemble tout en ne générant qu'un minimum de déchets.

## 3 / Valorisation de la fraction lipidique

### 3.1 / Caractérisation de la farine et extraction de la graisse

La matière première a été caractérisée par des méthodes normées afin de déterminer la teneur en matière sèche (MS = 95 %), la teneur en cendres (30 % de la MS) et la teneur en lipides (4 à 5 % de la MS). La teneur en lipides de cette farine est faible. C'est une farine de viande et d'os dégraissée. Une teneur de 55 % en protéines a été déterminée par la méthode Kjeldahl. Enfin, la teneur relative des principaux éléments présents (Calcium et Phosphore, respectivement 9,1 et 3,3 % de la MS) a été évaluée par microscopie électronique à balayage.

L'extractibilité de la graisse de la matrice farine animale a été étudiée par deux techniques d'extraction : le soxhlet, méthode discontinue basée sur la norme V03-908 d'extraction de corps gras à l'hexane, et l'A.S.E. (Accelerated Solvent Extractor), méthode discontinue à haut débit (Matthäus et Ludger 2001). Les études ont été réalisées avec un large screening de solvants lipidiques classiques (cyclohexane, isohexane, éther de pétrole) et de nouveaux solvants alternatifs à l'utilisation des solvants hydrocarbonés (carbonate de diéthyle, DEC ; carbonate de diméthyle, DMC ; carbonate de propylène, CP). Il en résulte une extractibilité efficace des graisses par de nouveaux solvants susceptibles de remplacer l'hexane.

La théorie de Hansen (Barton 1975), basée sur les paramètres de solubilité (figure 1), a permis de valider l'utilisation de ces nouveaux solvants alternatifs en tant que solvants extractants de dérivés lipidiques. Ces solvants alternatifs sont dits « réactifs », ils permettent d'envisager une transformation des lipides simultanément à leur extraction ou encore de manière séquentielle après l'extraction.

### 3.2 / Caractérisation de la graisse

La graisse obtenue a été analysée et caractérisée par des méthodes normées pour déterminer l'indice d'iode ( $W_I = 50$  g pour 100 g de graisse) et l'acidité (13 % d'acides gras libres). L'analyse du profil d'acides gras constituant

cette graisse montre une teneur de plus de 42 % en acides gras saturés ce qui la différencie des huiles végétales fluides à température ambiante (teneur en acides gras saturés inférieure à 10 %). Cette forte proportion en acides gras saturés est gage d'un meilleur indice de cétane (Watkins 2001, Knothe *et al* 2003). L'insaturation des chaînes d'acides gras est le principal facteur abaissant l'indice de cétane. Par exemple, l'acide oléique qui est l'acide gras majoritaire dans les espèces végétales utilisées pour la production d'EMHV est un monoinsaturé, et l'indice de cétane de l'ester méthylique qui en est dérivé est de 59,3. Par contre l'indice de cétane de l'ester méthylique d'acide stéarique qui est l'acide gras saturé de même longueur de chaîne est de 101,0. La teneur de cette graisse en acides gras polyinsaturés est quant à elle faible (moins de 7 % contre plus de 20 % dans les huiles végétales), ce qui laisse présager d'une bonne résistance à l'oxydation des esters méthyliques qui en seront dérivés (Knothe *et al* 2003).

Ces deux caractéristiques laissent présager de meilleures propriétés biocarburant des esters méthyliques d'origine animale par comparaison aux EMHV actuellement utilisés comme biocarburants.

### 3.3 / Transformation des graisses en bases oléochimiques : acides gras, glycérol, esters méthyliques et esters éthyliques

Compte tenu de l'acidité résiduelle de cette graisse une stratégie de transformation, axée sur les études de réactions de rupture et de formation de liaisons esters, a été conçue et réalisée en suivant une étape d'hydrolyse enzymatique suivie de l'estérification acidocatalysée des acides gras extraits (figure 2).

#### a / Hydrolyse : obtention des acides gras

En raison de l'acidité de la graisse, la rupture de liaison ester ne peut pas être entreprise avec des catalyseurs acides classiques. Les triglycérides contenus dans la graisse ont donc fait l'objet d'une hydrolyse enzymatique en présence de la lipase de *Candida rugosa*. Cette hydrolyse est réalisée en milieu émulsionnant : la graisse est mise en présence de la lipase contenue dans un tampon aqueux. La réaction se fait à une température permettant à la fois l'action de la lipase et une légère fluidité de la graisse, fluidité suffisante pour la création de l'émulsion. Une telle hydrolyse

Figure 1. Zones de solubilités selon Hansen. Le chevauchement des sphères de solubilités des composés représente leur miscibilité.

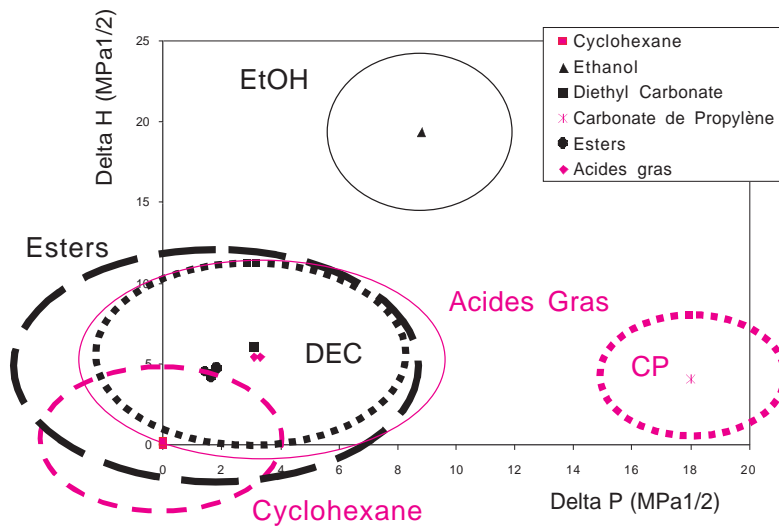
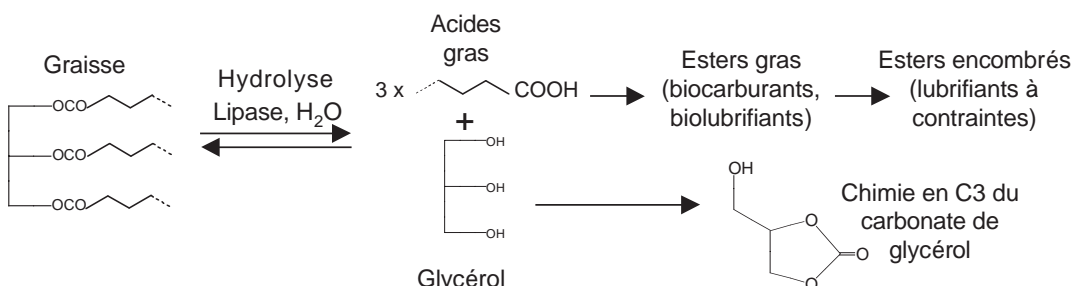


Figure 2. Stratégie de transformation.



nous a permis d'obtenir un rendement supérieur à 90 % calculé par suivi du degré d'hydrolyse par chromatographie en phase gazeuse. Les acides gras sont ensuite extraits de ce milieu d'hydrolyse de type crème épaisse selon une méthode originale d'extraction par solvant : le milieu d'hydrolyse est mis en suspension dans le solvant récupéré après extraction de la graisse à partir de la farine. Cette étape comme celle d'extraction de la graisse à partir de la farine animale a été réalisée avec différents solvants usuels ou alternatifs. Le milieu d'hydrolyse dilué dans le solvant subit ensuite une décantation centrifuge permettant de récupérer la totalité des acides gras dans la phase organique. Le solvant est ensuite séparé des acides gras par évaporation et recyclé pour l'extraction des lipides de la farine ou pour cette même phase d'extraction des acides gras.

Cette technique a permis de récupérer et de purifier plus de 90 % des acides gras présents dans le milieu après hydrolyse enzymatique. Les acides gras ainsi libérés peuvent être soumis à diverses transformations. Dans un premier temps, leur estérification par des alcools à chaînes courtes a été entreprise dans le but d'obtenir des esters d'alkyles dont les propriétés « biocarburant » ou « biolubrifiant » sont avérées.

#### ***b / Estérification : obtention des esters méthyliques ou des esters éthyliques***

L'estérification correspond à la formation de liaison ester simple par transfert d'acyles des acides gras vers les mono-alcools accepteurs d'acyles. L'estérification des acides gras par des alcools courts est une réaction acido-catalysée en présence de l'acide paratoluène sulfonique monohydrate choisi pour sa faible toxicité, son élimination facile et sa capacité catalytique (Lacaze-Dufaure et Mouloungui 2000). L'équilibre de la réaction d'estérification catalysée est également déplacé grâce à l'utilisation d'un excès d'alcool, co-solvant d'entraînement de l'eau formée. Ce solvant, après avoir été séché sur tamis moléculaire, est ré-introduit dans le milieu réactionnel. L'estérification des acides gras en milieux alcooliques peut donc être définie comme continue. Cette nouvelle méthode d'estérification permet l'obtention d'esters méthyliques et éthyliques avec des rendements respectivement de 90 % et supérieur à 95 %.

Ces esters d'acides gras et d'alcools à chaînes courtes font ensuite l'objet d'une purification en deux étapes : pré-traitement et distillation. Le catalyseur utilisé est séparé par filtration. Les traces d'alcool et d'eau résiduelles sont éliminées. Cette étape de distillation est réalisée à l'aide d'un évaporateur « Film Mince Agité » permettant la distillation de molécules thermosensibles à hauts points d'ébullition. Cette technologie est utilisée pour les « distillations flash » afin d'optimiser le rendement de purification et de minimiser la dégradation des molécules au cours de leur purification.

## **4 / Valorisation de la farine ou du résidu protéique**

### **4.1 / Solvants de liquéfaction des protéines**

Les farines animales étant constituées majoritairement de protéines nous avons envisagé comme solvants de liquéfaction des réactifs tels que des diacides, diamines, diols, présentant des groupements fonctionnels identiques à ceux des monomères présents dans le milieu après la liquéfaction des polypeptides en mono ou oligopeptides fonctionnalisés. Une polymérisation ultérieure transformerait les peptides fonctionnalisés en matériaux polymères différents selon le réactif utilisé. Les réactifs de liquéfaction qui ont été utilisés pour cette étude sont l'acide adipique, l'acide adélaïque, la diéthylène triamine, le poly(éthylène glycol) PEG400 ainsi que le phénol.

Les acides dicarboxyliques tels que l'acide adipique ou l'acide adélaïque ne permettent pas de liquéfier les farines animales car ils conduisent à une polymérisation in situ du milieu réactionnel. Les amines telles que la diéthylène triamine et les polyols tels que le PEG400 conduisent à des rendements de liquéfaction d'environ 15 % ce qui ne permet pas d'envisager d'utiliser ce type de réactifs pour parvenir à liquéfier les farines. En revanche, la liquéfaction en présence de phénol nous a permis d'atteindre lors des premiers essais des rendements de liquéfaction proches de 50 % ce qui est très encourageant, c'est pourquoi nous avons retenu ce réactif pour la suite de l'étude.

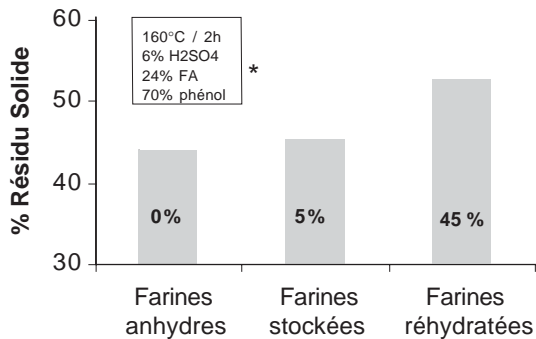
### **4.2 / Facteurs influençant la liquéfaction**

Nous avons alors par le biais d'essais ciblés tenté de déterminer quels étaient les facteurs influençant le plus le rendement de liquéfaction. Les facteurs ayant été étudiés étant la température, le temps de réaction, la quantité d'acide sulfurique ainsi que le taux d'hydratation des farines animales.

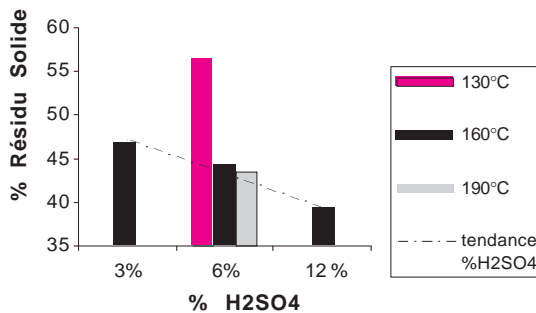
À l'issue d'une première campagne d'essais nous avons pu constater que l'hydratation des farines ne permettait pas d'améliorer le rendement de liquéfaction mais au contraire contribuait à augmenter le taux de résidu solide présent après réaction (figure 3). On remarque également que les 5 % de différence qu'il peut y avoir entre les taux d'humidité des farines anhydres et des farines stockées suffisent à faire varier sensiblement le rendement de la réaction. C'est pourquoi, pour la suite de cette étude, nous avons préféré utiliser des farines anhydres. Nous avons alors fait varier les différents paramètres liés au mode opératoire pouvant intervenir sur le rendement de liquéfaction. Chacun des paramètres ayant été étudié indépendamment en les faisant varier autour d'un point expérimental\*.

L'augmentation de la durée de réaction au-delà de deux heures n'a pas permis d'aug-

**Figure 3.** Influence du taux d'hydratation des farines animales sur le taux de résidu solide après liquéfaction.



**Figure 4.** Influence de la température et de la présence d'acide sulfurique sur le taux de résidu solide après liquéfaction.



menter le rendement de liquéfaction. La quantité d'acide sulfurique présent dans le milieu par contre, influence la concentration de résidu solide qui sera présent à l'issue de la liquéfaction et qui pourra atteindre des valeurs proches de 35 % (figure 4). Il est également à noter que la température de traitement peut en augmentant permettre d'améliorer le rendement. Cependant, au delà de 180°C, compte tenu de la mise à reflux du phénol (point d'ébullition = 181°C) on ne constate pas d'amélioration. C'est pourquoi nous avons entrepris de réaliser des essais en réacteur autoclave à des températures supérieures à 180°C. Ces essais ne nous ont cependant pas permis d'augmenter le rendement de liquéfaction qui est resté proche des 60 %. Quelles que soient les conditions opératoires on peut constater qu'il s'est avéré difficile d'obtenir des rendements de liquéfaction supérieurs à 65 %.

Il serait donc intéressant de procéder à la caractérisation du résidu solide obtenu après liquéfaction. A l'issue d'une calcination de celui-ci, on a pu constater qu'il était constitué de 65 à 80 % de cendres. Des essais réalisés sur des carcasses de poulet dans les mêmes conditions opératoires et ayant données des rendements de liquéfaction proche de 100 % nous amènent à penser que le procédé de fabrication des farines, à savoir le traitement en réacteur autoclave des carcasses animales, pourrait entraîner des modifications irréversibles des matrices protéique et minérale rendant les farines non liquéfiables. Des analyses en cours des résidus non liquéfiables devraient nous permettre de répondre à ces questions.

Des essais de fabrication de matériaux polymères pourront être envisagés si des rendements de liquéfaction plus importants sont obtenus. Il s'agira de fabriquer des résines phénoliques directement à partir du liquéfiât.

## 5 / Conclusions et perspectives

Au cours de ces premiers travaux, il a été réalisé :

- l'extraction de la graisse résiduelle présente dans la matrice carnée par de nouveaux solvants, dits « réactifs », dont le pouvoir extractant est validé par la théorie de Hansen,
- l'hydrolyse enzymatique de la graisse en milieu émulsionnant pour obtenir des acides gras,
- l'estérification acido-catalysée des acides gras pour obtenir des esters d'alkyles par un procédé continu en réacteur batch ouvert,
- la purification des esters obtenus par distillation flash.

En terme de finalité, ces esters d'alkyles à chaînes courtes seront destinés à des utilisations directes telles que les biocarburants ou les biolubrifiants. Ils pourraient aussi être utilisés de manière indirecte en tant qu'intermédiaires de synthèse d'esters encombrés tels que les esters de 2-ethyl hexanol (Lacaze-Dufaure et Mouloungui 2000), de carbonate de glycérol (Pelet et Mouloungui 2001) ou encore de néopentylpolyols (Eychenne et Mouloungui 1998). Les propriétés de ce type d'esters encombrés leur permettent d'être utilisés dans le domaine des biolubrifiants à contraintes.

La disponibilité des acides gras libres permet de plus d'envisager l'obtention de sels d'acides gras. Les sels d'acides gras tels que les sels de lithium lipophiles peuvent être valorisés en tant que graisses lubrifiantes. Aussi le glycérol est un sous-produit de la première transformation des graisses que nous transformons en carbonate de glycérol pour l'élaboration des esters de carbonate de glycérol (Pelet et Mouloungui 2001, Claude *et al* 2000).

Ces transformations lipochimiques ont été conçues et réalisées à partir de farines animales non contaminées. Les méthodes d'extraction et de transformation mises au point permettent de réaliser la conversion de macromolécules en molécules énergétiques. De ce fait elles conviennent d'ores et déjà pour une décontamination par extraction réactive susceptible d'amener à la destruction des farines par voie énergétique en cas d'affinité de l'agent pathogène pour la fraction lipidique.

En perspective, nous proposons de réaliser cette méthodologie d'extraction et transformation dans des réacteurs spécifiques de type hydrothermal ou solvothermal. Le réacteur hydrothermal chauffé par induction thermique présente les avantages d'un mélangeur intime associé à un chauffage endogène au cœur de la matrice. Ces deux actions sont possibles grâce au pouvoir conducteur d'électrolytes ou poly-électrolytes contenus dans le milieu aqueux. Le deuxième réacteur est le

réacteur fluide supercritique ; le fluide étant le CO<sub>2</sub>, utilisé en tant que solvant à géométrie variable puisqu'il est possible de modifier ses propriétés thermodynamiques par l'ajustement des paramètres physiques (température et pression critique respectivement de 304,2 K et de 7,38 MPa) et l'addition de co-solvants polaires ou non.

Ces deux technologies conviennent pour réaliser l'extraction et la transformation des lipides de cette matrice de forte teneur en minéraux (~30 %). En milieu aqueux la matrice sera source d'électrolytes organiques et inorganiques. Elle est donc conductrice et convient au réacteur hydrothermal chauffé par induction thermique. Les résultats d'extraction de ces lipides en présence de solvants hydrophobes de type carbonate de diéthyle (DEC) laissent augurer de l'extractibilité de la matière lipidique dans le CO<sub>2</sub> supercritique de nature hydrophobe. Ces deux technologies permettent de réaliser indépendamment ou successivement l'extraction et la transformation tout en se plaçant dans des conditions de température et de pression supérieures à celles actuellement utilisées pour la décontamination des farines animales (133°C, 3 Bar, 20 minutes). Par ce biais la finalité des travaux répondra à la valorisation des farines animales en usage de masse tout en permettant la destruction de l'agent pathogène.

L'étude visant à introduire les farines animales dans les procédés de fabrication de matériaux polymères a donné des résultats pouvant aboutir à des applications industrielles, mais ce uniquement dans le cas de la liquéfaction en présence de phénol. Dans

tous les autres cas, la mise en œuvre a été difficile ou les rendements de réaction trop faibles. Il est donc concevable de pouvoir incorporer la farine animale ou le résidu protéique lors des procédés industriels de fabrication de résines phénoliques comme substituant du phénol grâce au procédé de liquéfaction. Les polymères thermodurcissables qui pourraient être obtenus pourraient être utilisés dans de nombreux domaines (plastiques rigides, isolants, adhésifs, mousses rigides, etc.).

Faisant suite aux travaux présentés ici, d'autres voies de valorisation sont envisageables. La fraction protéique issue de la farine animale ou de la farine délipidée fera l'objet d'étude de lyse en présence de protéases avec l'objectif de libérer les groupements amine qui seront le siège de nouvelles transformations. Il est aussi envisagé de réaliser la lyse en présence de protéases directement sur les protéines de la farine non délipidée. Cela pourrait permettre de fractionner la farine animale, c'est-à-dire séparer la fraction lipidique tout en libérant les groupements amines des protéines pour fabriquer des polyuréthanes sans isocyanates pour la chimie, les polymères et la lubrification.

Enfin, en réponse aux attentes des personnes travaillant sur le prion, ces voies de transformation pourront aussi offrir la possibilité de suivre le devenir de l'agent pathogène et de le localiser après chaque étape. Ainsi nous pourrions visualiser ses affinités pour la partie lipidique ou la partie protéique de la farine animale en fonction de sa répartition lors des différentes étapes de transformation.

## Références

- Barton A.F.M., 1975. Solubility parameters. *Chemical Reviews*, 75, 731-753.
- Claude S., Mouloungui Z., Yoo J.W., Gaset A., 2000. Method for preparing glycerol carbonate. Patent US 6025504.
- Eychenne V., Mouloungui Z., 1998. Relationships between structure and lubricating properties of neopentylpolyol esters. *Industrial and engineering chemistry research*, 37, 4835-4843.
- Knothe G., Matheaus A.C., Ryan III T.W., 2003. Cetane numbers of branched and straight-chain fatty esters determined in an ignition quality tester. *Fuel*, 82, 971-975.
- Lacaze-Dufaure C., Mouloungui Z., 2000. Catalysed or uncatalysed esterification reaction of oleic acid with 2-ethyl hexanol. *Applied catalysis A General*, 204, 223-227.
- Matthäus B., Ludger B., 2001. Comparison of different methods for the determination of the oil content in oilseeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 95-102.
- Pelet S., Mouloungui Z., 2001. Study of the acyl transfer reaction: structure and properties of glycerol carbonate esters. *European Journal Lipid Science Technology*, 103, 216-222.
- Watkins C., 2001. *Tallow. Inform*, 12, 580-587.

## Abstract

### ***Destruction of animal meal: use of lipidic fractions as biodiesel or biolubricant and of the defatted residue as raw material for polymer preparation***

The aim of this study was to investigate two new complementary and independent possible uses of animal meal. The lipidic fraction was used as biodiesel or biolubricant and the defatted residue or the raw meal was considered as raw material for polymer preparation. All the studies were led following the alimentary general direction quality rules. High flow extraction tools and rapid analysis methods of major and minor components were developed. This resulted in animal meal

characterisation and allowed us to choose the chemical transformation strategy. Conversion of the lipidic fraction, based on an acyl-transfer reaction, gave free fatty acids directly transformed into fatty acid esters well known for biofuel applications. In the future such specific technology could be used to decontaminate animal meal during its transformation. In addition, the raw animal meal or the defatted meal was used to synthesise polymers. Animal biopolymer structure was broken by thermomechanical treatment (liquefaction) to produce new monomeric units. Animal meal liquefaction with phenol provided promising results. This polymer synthesis would be a great way to add value to large amounts of animal meal.