



Tous les organismes (des bactéries aux mammifères) stockent ou sécrètent leurs lipides sous forme d'organites spécialisés appelés diversement corps lipidiques, gouttelettes lipidiques, globules gras, oléosomes, lipoprotéines... Ce sont des complexes macromoléculaires sphériques constitués d'un noyau hydrophobe contenant majoritairement des lipides neutres (triglycérides) entouré et stabilisé par une monocouche de lipides polaires (phospholipides) et de protéines. Cette monocouche peut elle-même être recouverte d'une bicouche externe protectrice, dérivée de la membrane plasmique de la cellule sécrétrice comme dans le cas des globules gras du lait.

Ces organites se retrouvent en particulier dans le lait, la viande, le jaune d'œuf, les graines et leur accumulation peut être induite dans les microorganismes. Ils conditionnent les fonctionnalités nutritionnelles et technologiques des matières premières, modifient les propriétés organoleptiques des produits. Chez les graines, les lipides peuvent également se rencontrer sous forme d'édifices lipoprotéiques (protéines de transfert de lipides ou LTPs et puroindolines), capables de jouer un rôle en technologie céréalière.

### **Comprendre les processus de mise en place ou d'accumulation des lipides dans les cellules spécialisés des graines, du lait, de la viande, etc.**

Nos chercheurs étudient l'organisation des lipides à l'état natif dans les matières premières en réponse à des effecteurs ou à des facteurs environnementaux. Ils s'intéressent aux différents processus (génétiques, physiologiques, biochimiques) de mise en place et/ou d'accumulation des réserves lipidiques dans des cellules spécialisées. Ils suivent l'évolution de ces assemblages naturels au cours de la transformation des matières premières et caractérisent les nouvelles structures générées pendant les procédés de transformation.

### **Une combinaison de méthodes physiques, biochimiques ou génétiques**

L'étude de l'organisation macromoléculaire des lipides fait appel à des méthodes directes d'investigation physique (microscopie, diffusion de la lumière,...). Des méthodes biochimiques (protéomique, lipidomique) permettent d'identifier les différents constituants de ces assemblages. Il est également nécessaire d'avoir recours à des techniques d'étude des interactions protéines-lipides. L'exploitation de la biodiversité naturelle ou l'outil de la génétique (en ce qui concerne les microorganismes) permettent d'élargir le champ d'étude.

### **Quelques exemples de résultats**

Les chercheurs de l'UMR Chimie Biologique (CB) à Grignon étudient plus particulièrement les protéines situées à la périphérie des oléosomes de graines oléagineuses appelées oléosines [1]. La présence et la nature de ces protéines sont capables de **modifier la morphologie, la stabilité des oléosomes et l'aptitude des graines à la trituration**. Les résultats obtenus sur la plante modèle *Arabidopsis thaliana* ont pu être généralisés à une plante de grande culture, le colza (T. Chardot, coordination du programme ANR Genoplante Genobodies).

L'équipe Interface et Systèmes Dispersés (ISD) de l'UR Biopolymères, Interactions Assemblages (BIA) à Nantes a expliqué **les propriétés émulsifiantes des lipoprotéines du jaune d'œuf** en élucidant leur mécanisme. Les lipoprotéines de faible densité (LDL) extraites du jaune d'œuf présentent des caractéristiques morphologiques et physico-chimiques proches de celles des oléosines [2]. Les LDL ne subissent pas de dommages physiques lors de la fabrication des émulsions mais sont déstructurées au contact des interfaces et les composants individuels s'adsorbent séparément. Les protéines servent de points d'ancrage sur lesquels les phospholipides viennent interagir à l'interface. Ainsi les LDL servent à véhiculer des composants tensio-actifs insolubles dans l'eau jusqu'à leur lieu d'action (interface) où ils sont libérés [3]. Ces données permettent de mieux maîtriser l'utilisation de l'ingrédient jaune d'œuf dans la fabrication des sauces alimentaires.



A Rennes, les chercheurs de l'UMR Science et Technologie du Lait et de l'Oeuf (STLO) viennent de mettre en évidence la **présence de radeaux lipidiques dans la membrane des globules gras du lait** [4]. Ils caractérisent également les évolutions de structure des globules gras induites par les procédés technologiques et les hydrolyses enzymatiques et les conséquences sur les propriétés fonctionnelles et nutritionnelles des produits laitiers [5]. La taille des globules gras et la composition de leur surface, ont ainsi un impact sur la digestibilité et la biodisponibilité des acides gras (C. Lopez, programme ANR Agilait)

L'étude des phénomènes d'association des protéines de transfert de lipides (LTPs) avec les lipides a permis à l'UR Biopolymères, Interactions Assemblages de Nantes (équipe Edifices Lipoprotéiques et Protéo- saccharidiques) de déterminer les **processus responsables des propriétés tensioactives des LTPs en malterie-brasserie**, d'expliquer leur rôle dans la formation et la stabilité des mousses, d'entrevoir la possibilité d'optimiser d'autres procédés technologiques (panification, biscuiterie).

Pour **trouver de nouvelles sources de molécules en vue d'applications spécifiques** (lubrifiants, détergents, biosolvants, adjuvants...), l'UMR Chimie Agro-industrielle (CAI) de Toulouse (équipe Réactivité Chimique des Agro-Molécules - Lipochimie) exploite la biodiversité des plantes oléoprotéagineuses ou de nouvelles agroressources comme les graines immatures. L'agro-génétique, l'agro-physiologie et la lipotransformation *in planta* sont 3 voies complémentaires qui étudient la bioaccumulation des constituants lipidiques (majeurs et mineurs) dans les graines immatures ou matures [6-8], leurs seuils biologiques, leurs valeurs technologiques ainsi que les processus de leur libération à l'état natif (Z. Mouloungui, programme européen IBIO LAB, programme interrégional Midi-Pyrénées/Aquitaine, programme FUI et brevet).

La conversion de substrats d'origine agricole ou de co-produits industriels par des microorganismes oléagineux représente une voie alternative de production de triglycérides et de lipides à usage énergétique par rapport à la filière végétale. L'étude des enzymes et des mécanismes participant à la synthèse et à la dégradation des lipides dans les corps lipidiques de la levure oléagineuse *Yarrowia lipolytica* a permis **d'orienter les flux de carbone vers le stockage de lipides d'intérêt** ([9] et brevet). Ce travail a été réalisé par l'UMR Chimie Biologique (CB) en collaboration avec l'UMR Microbiologie et Génétique Moléculaire, INRA-AgroParisTech Grignon (J.-M. Nicaud)

#### Partenariat

UMR Microbiologie et Génétique Moléculaire de Grignon, INRA-AgroParisTech  
Laboratoire de biologie des semences, INRA Versailles  
UMR Amélioration des Plantes et Biotechnologies Végétales, INRA-Agrocampus Ouest, Rennes  
Laboratoire des interactions plantes micro-organismes, INRA/CNRS Toulouse  
Amélioration et santé des plantes, INRA-Univ. Clermont II, Clermont-Ferrand  
Université de Gembloux (Belgique),  
Université Technologique de Compiègne,  
INSERM/Univ. Marseille ;  
CETIOM, Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains  
Interprofession laitière, CNIEL Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière,  
ITERG, Institut des Corps Gras, Pessac (France),  
CREAB, Centre régional spécialisé en grandes cultures biologiques, Auch (France),  
Teckniker (Espagne)

#### Unités impliquées, mots-clés, contacts

##### **UR Biopolymères, Interactions, Assemblages, Nantes**

Equipe « Interfaces et Systèmes Dispersés ».

Mots clefs : jaune d'oeuf, lipides, émulsions, structure multi-échelles, interfaces, assemblages.

Contact : Marc Anton, [marc.anton@nantes.inra.fr](mailto:marc.anton@nantes.inra.fr)

Equipe « Edifices Lipoprotéiques et Protéo-saccharidiques ».

Contact : Didier Marion, [didier.marion@nantes.inra.fr](mailto:didier.marion@nantes.inra.fr)



**UMR Chimie Agro-Industrielles**, Toulouse, équipe « Réactivité Chimique des AgroMolécules - Lipochimie ».

Mots-clefs : bioaccumulation ; lipotransformation *in planta* ; graines entières matures/immatures ; émulsions aqueuses simples et complexes ; émulsions sèches ; acides gras ; triglycérides, phospholipides/protéines membranaires ; stérols/stanols.

Contact : Zéphirin Mouloungui, [Zephirin.Mouloungui@ensiacet.fr](mailto:Zephirin.Mouloungui@ensiacet.fr)

**UMR Chimie Biologique**, INRA-AgroParisTech Grignon, équipe « Biologie structurale et fonctionnelle des oléosomes ». Mots clefs : plante oléagineuse ; levure oléagineuse ; corps lipidiques ; *Arabidopsis thaliana* ; *Brassica napus* ; *Yarrowia lipolytica* ; protéines.

Contact : Thierry Chardot, [thierry.chardot@grignon.inra.fr](mailto:thierry.chardot@grignon.inra.fr)

**UMR Science et Technologie du Lait et de l'œuf (STLO)**, INRA-Agrocampus Ouest Rennes.

Equipe « Interactions, Structures, Fonctionnalités des Protéines et des Lipides »

Mots-clés : globule gras du lait, membrane, structure, composition, hydrolyse enzymatique

Contact : [Christelle.Lopez@rennes.inra.fr](mailto:Christelle.Lopez@rennes.inra.fr)

## Pour en savoir plus

---

### Brevets

Anton M., Martinet V., Tainturier D., Moussa M. (2001). Procédé de production d'une fraction purifiée de lipoprotéines de faible densité du jaune d'œuf et milieu de conservation incorporant de telles lipoprotéines. Brevet n° 0100292.

Mouloungui Z., Mechling E. (2006) Procédé et préparation d'acides gras par hydrolyse *in situ* des lipides contenus dans les graines d'une plante. EP 032769562 (18/08/2006) ; FR 2843970 (17/02/2006)

Nicaud J.M., Chardot T., Beopoulos A. (2008) Nouvelles souches de levures mutantes capables d'accumuler une grande quantité de lipides Brevet FR 08.54786.

### Publications

- [1] P. Jolivet, C. Boulard, A. Bellamy, C. Larré, M. Barre, H. Rogniaux, S. d'Andréa, T. Chardot, N. Nesi (2009). Protein composition of oil bodies from mature *Brassica napus* seeds. *Proteomics*, 9, 3268-3284.
- [2] P. Jolivet, C. Boulard, T. Chardot, M. Anton (2008). New insights into the structure of apolipoprotein B from low-density lipoproteins and identification of a novel YGP-like protein in hen egg yolk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 5871-5879.
- [3] V. Martinet, P. Saulnier, V. Beaumal, J.L. Couthaudon, M. Anton (2003). Surface properties of hen egg yolk low-density lipoproteins spread at the air-water interface. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 31, 185-194.
- [4] C. Lopez, M.-N. Madec, R. Jimenez-Flores (2009). Lipid rafts in the bovine milk fat globule membrane revealed by the lateral segregation of phospholipids and heterogeneous distribution of glycoproteins. *Food Chemistry*, à paraître
- [5] C. Lopez & V. Briard-Bion (2007). The composition, supramolecular organisation and thermal properties of milk fat: a new challenge for the quality of food products, *Lait*, 87, 317-336.
- [6] M. Alignan, J. Roche, A. Bouniols, M. Cerny, Z. Mouloungui, O. Merah. (2009). Effects of genotype and sowing date on - phytosterols - phytosterols content and agronomic traits in wheat under organic agriculture. *Food Chemistry*, 117, 219-225.
- [7] J. Roche, T. Hewezi, A. Bouniols, L. Gentzbitel. (2007). Transcriptional profiles of primary metabolism and signal transduction-related genes in response to water stress in field-grown sunflower genotypes using a thematic cDNA microarray. *Planta*, 226, 601-617.
- [8] J. Roche, A. Bouniols, Z. Mouloungui, T. Barranco, M. Cerny. (2006). Management of environmental crop conditions to produce useful sunflower oil components, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 287-297.
- [9] A. Beopoulos, Z. Mrozova, F. Theveniau, M.-T. Le Dall, I. Hapala, S. Papanicolaou, T. Chardot, J.-M. Nicaud. (2008) Mastering lipid accumulation in the yeast *Yarrowia lipolytica*. *Applied and Environmental Microbiology*, 74, 7779-7789.