

Animal



Végétal



Microorganismes



**des lipides
pour....**

l'alimentation



le bien-être



la chimie



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Les thèmes de recherche



Les lipides des matières premières animales, végétales ou microbiennes possèdent des fonctionnalités nutritionnelles ou technologiques (propriétés émulsifiantes, moussantes, stabilisantes, épaississantes, aptitude au fractionnement ou à la séparation). Nous étudions par des méthodes génétiques, physiques et biochimiques, **les processus de mise en place des organes de stockage et d'accumulation des lipides** dans les plantes (oléosomes) et les micro-organismes et caractérisons par ces mêmes méthodes des structures natives servant au transport des lipides : **globules gras du lait, lipoprotéines de l'oeuf ou des graines**. Notre objectif est d'optimiser l'exploitation de ces lipides naturels.



Les **propriétés** des molécules lipidiques sont directement liées aux nombreux **assemblages** qu'elles forment naturellement dans une gamme d'échelles allant du nanomètre au millimètre. Pour établir ce lien structure-propriété, nous utilisons diverses **techniques d'observation** : la microscopie de fluorescence, spectroscopie infra-rouge ou RMN du solide, microcalorimétrie, diffraction des rayons X ou des neutrons, rayonnement du Synchrotron Soleil, etc.

Notre objectif est d'identifier l'échelle pertinente d'observation en fonction de la propriété recherchée.



Au cours des transformations technologiques et après l'ingestion des aliments, les lipides subissent des dégradations chimiques ou enzymatiques, ce qui altère les propriétés fonctionnelles, nutritionnelles et sensorielles des produits. Nous voulons comprendre comment **l'organisation des matrices** et des structures lipidiques, naturelles ou recomposées par la formulation, et la présence d'**antioxydants** participent à la protection des lipides et celles de molécules liposolubles plus fragiles comme les caroténoïdes et certaines vitamines. Notre objectif est de **prévenir les dégradations liées à l'oxydation** en modulant la structure et la composition des matrices.



Les mélanges huile/eau à la base **des émulsions et des mousses** présentent une grande instabilité aux procédés physiques ou thermiques. Nous nous intéressons à la réactivité des lipides qui structurent ces systèmes dispersés tout au long du cycle de vie du produit, de la conception à l'ingestion. Nous apprenons d'une part, à **maîtriser leur stabilité** et leur capacité à se structurer ; d'autre part, à mieux connaître **leur rôle dans la bioaccessibilité des micronutriments** (polyphénols, caroténoïdes, vitamine E) **et la libération des arômes**. Notre objectif est de contrôler les échanges entre les phases aqueuses, huileuses et gazeuses, en agissant sur la structure des systèmes et sur la nature des interfaces.



Afin d'optimiser les potentialités des molécules lipidiques des huiles végétales ou du lait par exemple, nous mettons au point **des procédés pour concentrer, structurer sous forme de gouttelettes et séparer sélectivement les lipides**. Nous étudions les mécanismes impliqués au cours des opérations à membrane, évaporation sous vide, séchage par atomisation ou encore homogénéisation, foisonnement, et au final, leur impact sur les propriétés des produits ou des fractions de lipides obtenues.

Notre objectif est de proposer une meilleure **valorisation** des lipides sur les plans nutritionnel et fonctionnel.



La lipochimie permet de créer des produits chimiques **éco-compatibles** à partir des organes de réserve de plantes cultivées ou de nouvelles sources de **carbone renouvelable** comme par exemple le glycérol, co-produit de la filière oléochimique. Nous identifions les lipides (triglycérides, esters gras, acides gras, etc.) qui offrent **les meilleures propriétés au niveau moléculaire pour une application** ciblée : tensio-active, solvante, lubrifiante, détergente, etc. Par des voies de **synthèse chimique, catalytique, biocatalytique**, ou en **façonnant les lipides** pour des usages spécifiques, notre objectif est de proposer de nouveaux composés oléophiles destinés à des applications variées dans des domaines sensibles comme la santé et l'environnement.



Les potentialités offertes par les **biocatalyseurs** (enzymes et microorganismes) pour convertir des substrats agricoles et co-produits industriels en molécules lipidiques d'intérêt, tout en répondant aux exigences environnementales, constituent une alternative performante à l'usage de produits issus du pétrole. Nos biologistes modulent et modifient à façon les profils des biocatalyseurs en fonction des contraintes d'usage des applications recherchées afin d'**optimiser leur pouvoir catalytique et leur sélectivité**. Notre objectif est de développer des procédés biologiques pertinents pour la production industrielle, chimique, énergétique ou alimentaire.



Vous êtes utilisateur de lipides et confronté aux difficultés de maîtrise, d'usage ou de valorisation de ces molécules à fort potentiel ?

Les chercheurs du département CEPIA (Caractérisation et Elaboration des Produits Issus de l'Agriculture) vous proposent de découvrir dans ce document, un panorama de leurs recherches, leurs outils et des possibilités de collaboration.

Les lipides [du grec lipos «graisse»] sont une famille de molécules présentes dans les matières premières animales (viande, poisson, lait, œuf), végétales (grains, graines, fruits et légumes) et microbiennes en général insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques.

Les recherches présentées ici s'intéressent principalement à 3 classes de lipides en raison de la diversité de leurs fonctions, que ce soit pour des finalités alimentaires, chimiques ou énergétiques :

- ◆ les **acides gras** (acides gras saturés, hydroxylés mono ou polyinsaturés comme les oméga 6 ou 3, etc), généralement présents sous forme estérifiée,
- ◆ les **glycérides**, association d'un alcool et d'un ou plusieurs acides gras pour les glycérides simples ; pour les lipides complexes l'un des acides gras est remplacé par du phosphate et une amine (phospholipides) ou un sucre (glycolipides),
- ◆ les **composés liposolubles**, tels que les caroténoïdes, les terpènes, certaines vitamines (A, E) et les stérols (le cholestérol et les phytostérols).

Nos travaux s'articulent avec ceux des chercheurs d'autres départements de l'INRA, comme par exemple les biologistes et microbiologistes qui travaillent en amont sur les plantes et les microorganismes pour comprendre la mise en place des réserves lipidiques en fonction des espèces et des conditions de culture. De même, nous interagissons avec les spécialistes de physiologie animale capables de moduler la composition en lipides des laits et des viandes par la nutrition animale. En aval nous traitons le devenir de ces lipides au cours de la digestion en collaboration avec les nutritionnistes qui déterminent leur impact sur le bien-être et la santé.

Des outils ouverts au partenariat

Biopolymères



Biologie structurale

Pour analyser les protéines, les polysaccharides et les lipides (structure, organisation et interactions) présents dans les organes végétaux, animaux et dans les produits agricoles transformés pour l'alimentation, la santé, la chimie verte.

Notre expertise se décline au niveau :

- ♦ des observations multi-échelle (du nanomètre au millimètre)
- ♦ du criblage à moyen-débit des protéines et polysaccharides (protéomique d'organismes séquencés ou non, polysaccharidomique)
- ♦ de la caractérisation des structures fines, des états de surfaces, des interactions et assemblages supramoléculaires
- ♦ de l'étude des propriétés d'hydratation et des mobilités/diffusion *in situ* (lipides, nutriments)

Equipements : Résonance Magnétique Nucléaire (solide 400 MHz et liquide 400 MHz et 20 MHz) ; Spectrométrie de Masse (3 spectromètres à ionisation MALDI ou electrospray) ; Microscopies (deux microscopes à transmission, un microscope confocal à balayage laser et un microscope à force atomique)

contact : Corinne.Rondeau@nantes.inra.fr

Lipochimie



Pour transformer les lipides des plantes oléo-protéagineuses (colza, crambe, ricin, tournesol, pastel) en agromolécules à différents usages : bio-tensio-actifs et détergents, biolubrifiants, agrosolvants, ingrédients cosmétiques. Notre expertise s'applique à :

- ♦ l'identification des constituants majeurs, mineurs et ultra-mineurs des matrices naturelles ou des milieux réactionnels à multi-constituants,
- ♦ la caractérisation pour la détermination des propriétés physico-chimiques des milieux ainsi que des biomolécules par des méthodes telles que la tensiométrie, la calorimétrie (DSC), la microscopie optique en lumière polarisée, granulométrie, potentiel zéta,
- ♦ la production d'agromolécules multi-fonctionnelles à l'échelle du gramme à la centaine de kilogrammes.

Equipements : Chromatographie en phase liquide ou gazeuse, réacteurs multi-tâches (hydrothermal, solvothormal, à film mince) ; autres équipements de production : contacteur, extracteur ASE, broyeur colloïdal, homogénéisateur haute pression.

contact : Zephirin.Mouloungui@ensiacet.fr

Lipides-Arômes



Nos équipements, destinés à l'analyse structurale et la quantification de petites molécules d'intérêt biologique, sont accessibles à tout projet dont le domaine d'application concerne les lipides et leurs métabolites ainsi que les molécules de la flaveur (arômes, molécules sapides). Notre expertise concerne l'identification et le dosage :

- ♦ des lipides dans des échantillons alimentaires : acides gras insaturés et polyinsaturés, acides gras atypiques (*trans*, conjugués, oxydés et monomères cycliques), stérols et oxystérols, aldéhydes,
- ♦ des biomarqueurs de la peroxydation lipidique et du stress oxydatif *in vivo* dans les matrices biologiques

Equipements : Spectromètres de masse couplés à des techniques chromatographiques (quadripole, trappe d'ion et triple quadripole), spectroscopie Infra-rouge (avec module Raman et un chromatographe en phase gazeuse infra-rouge à transformée de Fourier), spectromètres RMN haute résolution liquide de 300, 500 et 600 MHz.

contact : pfla@dijon.inra.fr

Technologie laitière



Notre plate-forme «Lait» accueille des expérimentations sur les procédés de fractionnement et les déterminants technologiques de la texture des matrices laitières et fromagères. Nous proposons une gamme complète de procédés, du prototype à l'échelle industrielle :

- ♦ étude et fabrication de produits laitiers (fromages, produits ultrafrais, poudres) et de fractions du lait (caséines micellaires, protéines solubles, matière grasse),
- ♦ conception de matrices laitières modèles (concentrés de protéines pour étudier la croissance des microorganismes),
- ♦ développement de procédés innovants.

Equipements : Technologie laitière complète : traitement thermique, homogénéisation, écrémage, lissage, fonte, 13 modules de séparation membranaire, de la microfiltration à l'osmose inverse - du litre au m³/heure -, 2 ateliers de fabrication fromagère (pâtes molles et pâtes pressées cuites), pilote de concentration/séchage BIONOV.

contact : Gaelle.Tanguy@rennes.inra.fr

Imagerie



Dans le domaine agroalimentaire, nos installations d'imagerie des systèmes biologiques permettent de caractériser la qualité des produits par l'étude de leurs structures tissulaires à différentes échelles (micro- et macroscopique). Notre expertise concerne l'étude :

- ♦ des relations structure/texture : caractérisation et modélisation de l'évolution de la structure des produits en relation avec la texture,
- ♦ des relations procédés/qualité : modifications induites par les transformations sur la qualité et la conservation des produits : diffusion des lipides, de l'eau, des petits solutés,
- ♦ de l'authentification des modes de productions grâce à des marqueurs physiques, chimiques et biochimiques sur l'origine géographique et sur le parcours technologique des produits.

Equipements : un appareil RMN haut champ vertical (9.4T) pour des échantillons de 0.3 à 4 cm et deux RMN Biospec horizontal (11.7T et 4.7 T) pour des échantillons de 5 à 25 cm.

contact : jpr@clermont.inra.fr

PlantLipPol-Green



La plate-forme, financée par le Réseau Thématique de Recherche Avancée «Agropolis Fondation» oeuvre à l'interface entre sciences du végétal et chimie verte en s'appuyant entre autres sur des compétences dans les domaines de la biotechnologie des lipides et de la physico-chimie des polymères. Nous mettons à disposition de nos partenaires dans le cadre de projets internationaux, des instruments et un accompagnement scientifique pour :

- ♦ l'exploration de la diversité moléculaire et la caractérisation de lipides et de macromolécules hydrophobes d'origine végétale,
- ♦ la spéciation des éléments minéraux éventuellement associés.

Equipements : un système de chromatographie en phase gazeuse bidimensionnelle compréhensive couplée à un spectromètre de masse, une chaîne d'analyse des polymères en phase liquide avec système de séparation A4F, réfractomètre différentiel, détecteur à diffusion de lumière multiangles et analyseur élémentaire couplé à un spectromètre de masse.

Contact : PlantLipPol-Green@supagro.inra.fr

Une offre pour l'industrie

Séparer, purifier, concentrer les lipides

Les propriétés fonctionnelles et nutritionnelles des lipides peuvent être optimisées grâce à des procédés physiques, chimiques ou biologiques. Ainsi, nous pouvons concentrer les familles de lipides ou les séparer sélectivement en fonction de caractéristiques intrinsèques telles que leur polarité ou leur taille.

Ces traitements mobilisent des compétences disponibles dans nos laboratoires, allant de la technologie à la chimie fine en passant par l'enzymologie. Cela concerne par exemple, le fractionnement des lipides du lait pour améliorer leur digestibilité ou la biodisponibilité de certains composés d'intérêt (acides gras, vitamines) ou encore l'extraction des acides gras par hydrolyse enzymatique à partir de la graine entière, ce qui permet d'obtenir un degré de pureté très élevé sans utiliser de solvant.

Caractériser les lipides et leurs propriétés

Les propriétés technologiques et fonctionnelles des lipides sont étroitement liées à leur nature, leur concentration et aux interactions avec les autres composants d'un même produit (protéines, polysaccharides).

L'étude des relations structure-fonction à différentes échelles, de l'analyse fine des molécules jusqu'aux organisations aux échelles nanométriques et millimétriques, offre des voies d'amélioration de la stabilité physique et chimique et des propriétés rhéologiques des produits. Par exemple, de nouvelles méthodes d'analyse des dispersions et un logiciel de caractérisation des mousses permettent de prévoir la stabilité du produit final, ou encore l'analyse d'images qui révèle l'influence de la répartition du réseau adipeux sur les qualités nutritionnelles des viandes.

Produire des lipides pour des usages ciblés

Les préoccupations environnementales et les réglementations européennes (Reach) placent la lipochimie au cœur des solutions de substitution des produits issus du pétrole.

Nous offrons, à partir de matières premières oléoprotéagineuses, une démarche raisonnée de production de dérivés ou de synthons :

- ◆ bases oléochimiques (acides gras, esters gras),
- ◆ composés oléophiles, comme les oligomères de carbonate de glycérol par exemple, élaborés pour des applications variées : tensio-actifs, solvants, lubrifiants, détergents, molécules actives pour la cosmétologie ou la santé.

Proposer des solutions de protection raisonnée contre l'oxydation

La maîtrise de l'oxydation des lipides au cours de l'élaboration, de la conservation et de l'usage domestique d'un produit alimentaire représente un enjeu crucial pour l'industrie.

Il existe des solutions préventives sur lesquelles nous travaillons, à partir du suivi de l'état d'oxydation des différents substrats (lipides, protéines, vitamines, etc) dans les produits alimentaires au cours des procédés, du stockage et de la consommation. Nous proposons ainsi :

- ◆ l'aide au diagnostic sur les problèmes d'oxydations, en particulier des acides gras polyinsaturés,
- ◆ l'optimisation des formulations et des procédés de transformation et de conservation pour limiter l'oxydation,
- ◆ l'exploitation des effets des antioxydants naturellement présents dans les aliments ou générés lors de leur élaboration.

Concevoir des modèles d'aliments

La conception de matrices modèles (mousses, émulsions, gels) de compositions et de structures maîtrisées est essentielle à la compréhension du rôle des lipides dans les produits complexes. Elles nous permettent :

- ◆ de suivre la réactivité et la bioaccessibilité de composés lipidiques d'intérêt (acides gras polyinsaturés) ou de composés liposolubles (vitamines, antioxydants),
- ◆ d'optimiser les propriétés organoleptiques par une meilleure compréhension du lien entre texture et libération des arômes en bouche.

Département Caractérisation et Elaboration des Produits Issus de l'Agriculture (CEPIA)

Le département CEPIA est l'un des 14 départements de recherche de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Il a pour mission :

- ◆ de concevoir des aliments répondant aux attentes du consommateur, en termes de nutrition, de sécurité, de plaisir ou de facilité d'emploi,
- ◆ de développer l'usage des ressources renouvelables en améliorant les performances des produits issus d'agro-ressources dans les domaines de l'énergie, de la chimie, et des matériaux.

Organisation : 6 unités de recherche, 20 unités mixtes de recherche (UMR) avec des laboratoires universitaires ou des écoles du ministère de l'agriculture.

Effectifs : près de 500 chercheurs et ingénieurs, dont 200 enseignants-chercheurs

Budget : une dotation de l'état de 3,52 M€ et 8,5 M€ de ressources extérieures, auxquelles s'ajoute le financement des salaires des personnels de l'INRA pour environ 29 M€

Effectifs de scientifiques travaillant sur les lipides : 35 Equivalent-Temps-Plein

● Les unités impliquées

● Les plates-formes

Science et Technologie du Lait et de l'Oeuf
INRA-AgroCampus Ouest, Rennes
Plate-forme Lait

Biopolymères, Interactions, Assemblages
INRA Nantes
Plate-forme Biopolymères, Biologie structurale

Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes
Biologiques et des Procédés
INRA-CNRS-INSA Toulouse

Chimie Agro-Industrielle
INRA-ENSIACET Toulouse
Plate-forme de Lipochimie

Chimie Biologique, INRA-AgroParisTech Grignon

Ingénierie Procédés Aliments
AgroParisTech-Cnam-INRA Massy

Génie et Microbiologie des Procédés Alimentaires
INRA-AgroParisTech Grignon

Flaveur, Vision et Comportement du Consommateur
INRA-Enesad-Université de Bourgogne
Plate-forme Lipides-Arômes

Qualité des Produits Animaux
INRA-Clermont-Ferrand-Theix
Plate-forme Imagerie des Systèmes Biologiques

Sécurité et Qualité des Produits d'Origine Végétale
INRA-Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse

Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes,
INRA - CIRAD-Montpellier SupAgro-Université de Montpellier 2
Plate-forme PlantLipPol-Green

La plupart des recherches du département CEPIA sont conduites dans le cadre de projets financés par l'Agence Nationale de la Recherche ou l'Europe, associant de nombreux partenaires, publics ou privés, par exemple :

AGILAIT : ce projet intègre des recherches sur le globule gras du lait depuis sa formation jusqu'à sa digestion et son absorption : structures, stabilité à l'oxydation, propriétés et bioaccessibilité de la matière grasse de laits riches en acides gras insaturés. Partenaires : INRA, CNRS, INSERM, Universités, centres techniques (Itegr, Actilait) et entreprises de la filière lait.

AGECANINOX : ce projet porte sur la quantification et les effets sur le stress oxydant *in vivo*, de marqueurs de l'oxydation des lipides polyinsaturés dans des formulations de structure maîtrisée et des aliments enrichis en oméga-3 et l'acceptabilité de ces aliments par le consommateur senior. Partenaires : INRA, INSERM/Université Claude Bernard, ENSAIA Nancy, Institut Paul Bocuse Recherche (Lyon), une entreprise spécialisée dans la production de lipides nutritionnels, une agence de marketing.

LIPICAERO : Production microbienne de LIPIdes spécifiques à usage bioCarburant pour l'AEROnautique : approche intégrée de la Physiologie au Procédé. Partenaires : AgroParisTech, CNRS, INRA, INSA Toulouse, un industriel producteur de ferments.

SOPOL : SOLubilisation de Protéines intégrales de l'OLéosome de graines par des polymères amphiphiles : études structurales pour la valorisation. Partenaires : INRA, AgroParisTech, ESPCI Paris, Synchrotron Soleil (DISCO)



INRA - INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
CEPIA - Département Caractérisation et Elaboration des Produits Issus de l'Agriculture
Rue de la Géraudière · BP 71627 · 44316 Nantes Cedex 03
Téléphone : +33(0)2 40 67 51 45 · cepia@nantes.inra.fr

www.inra.fr/cepia