



1 - Les biomolécules	page 20
<i>Généralités</i>	
1.1 - Lubrifiants	
1.2 - Tensioactifs	
1.3 - Solvants	
1.4 - Les autres biomolécules	

2 - Les biomatériaux	page 26
<i>Généralités</i>	
2.1 - Biopolymères	
2.2 - Agromatériaux	



1 - Biomolécules	page 20
<i>Généralités</i>	
1.1 - Lubricants	
1.2 - Surfactants	
1.3 - Solvants	
1.4 - Other biomolécules	

2 - Biomaterials	page 26
<i>Généralités</i>	
2.1 Biopolymers	
2.2 Agrimaterials	



■ 1. BIOMOLECULES

A heightened collective awareness and French and European regulatory trends have pushed the chemical, pharmaceutical and cosmetics industries to integrate respect for the environment into their ways of doing business. Substitution of agricultural raw materials for petrochemical products in these sectors helps protect our environment, by the use of renewable resources, reduced volume of waste and effluent discharges. In addition, the latent depletion of oil resources, mandatory setting aside of crop lands since 1992, and the various food-related crises that have arisen - "mad cow" disease, dioxins, etc. - have spurred the development of new ways of obtaining value from agricultural resources.

Biomolecules can be synthesised from plant-derived feedstocks such as plant-based methyl esters or from molecules extracted from various crops (rapeseed, sunflower, wheat, maize, beets and special plants). The processes developed must be economically and technically competitive. The agricultural products obtained must possess functional specifications that are at least equivalent to petrochemical derivatives, with superior environmental performance.

Since the inception of AGRICE the number of research projects pertaining to chemicals has increased sharply, particularly in the field of speciality chemicals. Among these, surfactants and lubricants have seen strong growth since 1997. Development of solvents and multifunctional molecules has been steadily increasing since 1999.

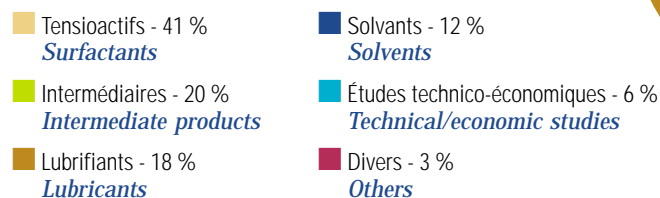
■ 1. LES BIOMOLÉCULES

La prise de conscience collective associée aux évolutions des réglementations française et européenne ont conduit les industries chimique, pharmaceutique et cosmétique à prendre en compte le respect de l'environnement dans leurs activités. La substitution de dérivés pétrochimiques par des matières premières d'origine agricole dans ces secteurs permet de protéger notre environnement : utilisation des ressources renouvelables, diminution des volumes de déchets et effluents produits... De plus, l'épuisement latent des ressources pétrolières, la pratique de la jachère obligatoire depuis 1992, ainsi que les différentes crises actuelles : " vache folle ", dioxines, etc. ont permis d'accélérer le développement de nouvelles valorisations des agroressources.

Les biomolécules peuvent être synthétisées à partir de matières premières d'origine végétale transformées telles que les esters méthyliques végétaux, ou de molécules extraites des différentes agroressources (colza, tournesol, blé, maïs, betterave et plantes spéciales). Les procédés développés doivent être économiquement et techniquement compétitifs. Les agroproduits recherchés doivent présenter des spécifications au moins équivalentes en terme de fonctionnalités aux dérivés pétrochimiques et supérieures d'un point de vue environnemental.

Depuis le lancement d'AGRICE, on a assisté à une forte croissance des projets de recherche en cours dans le domaine de la chimie et en particulier de la chimie de spécialités. Parmi les produits concernés, les tensioactifs et les lubrifiants ont connu un développement soutenu dès 1997. Le développement du secteur des solvants et des molécules plurifonctionnelles n'a cessé de prendre de l'ampleur depuis 1999.

Répartition des aides attribuées par AGRICE pour les biomolécules
Breakdown of AGRICE grants for biomolecules





1.1 Les lubrifiants

Le marché des lubrifiants en Europe est d'environ 5 millions de tonnes dont 850 000 tonnes en France. La production de biolubrifiants est en Europe d'environ 100 000 tonnes, dont 50 000 tonnes produites par l'Allemagne et 1 000 tonnes par la France.

Les actions menées dans ce domaine portent principalement sur la démonstration technique et économique, la réalisation de campagnes d'essais et la diffusion des résultats. Par ailleurs, des travaux sont effectués sur les aspects normatifs et l'obtention de références chiffrées pour l'établissement des écolabels (biodégradabilité, écotoxicité...) sont également en cours. Un partenariat est simultanément mis en place entre producteurs, formulateurs, distributeurs et utilisateurs afin d'accroître la compétitivité de la filière.

Principales applications étudiées :

- lubrifiants liés aux travaux forestiers : chaînes de scie, hydraulique, moteur deux temps,
- lubrifiants d'équipements agroalimentaires,
- lubrifiants pour le décoffrage et le démoulage,
- lubrifiants pour l'ensimage du textile,
- additifs pour fluides de forage,
- lubrifiants des moteurs quatre temps.

Une priorité a été donnée aux applications dans lesquelles l'usage normal des équipements conduit à des pertes d'huile ou à des fuites accidentelles fréquentes. Les recherches principales ont porté sur l'étude de nouveaux dérivés d'acides gras à chaînes fonctionnalisées et de leurs propriétés comme additifs en lubrification, de la stabilité et de la résistance à l'oxydation et les aspects de collecte et de recyclage de ces produits après utilisation.

La biodégradabilité des produits neufs et usagés a été observée en milieu liquide et solide. La biodégradation est plus importante (de 14 à 24 %) en milieu liquide qu'en milieu sol et légèrement plus importante avec les produits avant usage (de 3 à 12 %). La biodégradation des produits neufs basés sur des huiles végétales est de 90 % en milieu liquide et 63 % en milieu sol à comparer à 29 % pour un lubrifiant minéral en milieu sol.

Un travail important reste à faire, compte-tenu du très faible développement de ces produits en France, comparé à leur utilisation en Allemagne et dans les pays scandinaves. L'existence d'un écolabel semble avoir été déterminant pour ces pays, par la prise en compte d'écocritères importants pour des applications en milieux naturels sensibles.

La diffusion d'informations liées aux résultats des opérations débutera dès 2001, avec la fin des premières opérations et l'organisation d'une journée technique.

La recherche de nouvelles molécules ou de matières premières à forte teneur en acides gras oléique ou érucique se poursuivra.

1.1 Lubricants

The European lubricants market is an estimated 5 million tonnes, including 850,000 tonnes for France. Production of biolubricants in Europe amounts to around 100,000 tonnes, of which 50,000 t are produced in Germany and 1,000 t in France. Work in this field is devoted primarily to technical and economic demonstration projects, testing campaigns and dissemination of results. In parallel studies are underway pertaining to standards and quantitative reference figures used to establish environmental quality labels (biodegradability, ecotoxicity, among others). A partnership has also been established among producers, formulators, distributors and consumers to improve the economics of this processing chain.

The main applications studied are:

- lubricants for forestry work: chains for saws, hydraulic equipment, 2-stroke engines
- lubricants for food processing equipment
- demoulding lubricants
- lubricants for textile manufacture
- additives for drilling fluids
- lubricants for 4-stroke engines.

A priority focus has been applications in which normal equipment usage entails frequent loss of oil or accidental leakage. The principal body of research has been devoted to study of new fatty-acid derivatives with function-specific chains, and their properties as lubricant additives, stability and oxidation resistance, post-consumer collection and recycling.

The biodegradability of new and used products has been observed in liquid and solid environments. Biodegradation is higher in liquid environments (14 to 24%) than in soil environments, and is slightly higher for unused products (3 to 12%). New vegetable-oil-based products are 90% biodegraded in liquid environments and 63% in soil, compared to 29% for a mineral-oil-based lubricant in soil.

Much remains to be done, seeing the very low level of development of these products in France, compared to their use in Germany and Scandinavian countries. The existence of an environmental quality label appears to have been a determining factor in these countries, taking into account environmental criteria that are significant for applications in sensitive natural settings.

Dissemination of information on the results of these projects will start in 2001, when the first projects are completed and a technical information day convened. Research targeting new molecules and raw materials with high oleic and erucic fatty-acid content will continue.



1.2. Surfactants

Surfactants are amphiphile molecules which have emulsifying, softening, wetting or detergent properties, depending on their structure. The lipophile side may come from oleochemical feedstocks derived from rapeseed, sunflower, palm etc. The hydrophile side may come from industrial coproducts of starch or sugar processing (sugar beets, maize or other grain products). They are ingredients used in hygiene products, cosmetics, pharmaceuticals, detergents and surfacing agents.

Like most plant-based products, surfactants are characterised by their positive impact on the environment, biodegradability, low or nil toxicity and innocuousness for human health. In addition, the natural origin of these molecules is a significant communication and marketing asset.

These features, in conjunction with rising consumer interest for agricultural products, have driven strong progression of plant-based surfactants. The European market in surfactants attained 2.3 million tonnes in 2000, of which around 20% came from plants. The stakes are thus high for a veritable renewable alternative in this sector, and could represent several thousand hectares of crops, knowing that it takes around 60,000 hectares of cropland to produce 100,000 tonnes of vegetable surfactants. One example is alkylpolyglycosides (APGs), surfactants derived from natural sugars and fatty alcohols, with world production of approximately 60,000 tonnes.

AGRICE has funded 28 projects valued at 8.9 million euros, including 2.7 million euros in grants. By far the largest number of projects supported by AGRICE are related to syntheses of new molecules with surfactant properties via chemical processes that respect the environment. The molecules that have been synthesised have multiple characteristics that allow simpler formulation, making the renewable alternative competitive. Most of the uses foreseen for these new products have high added value, although higher volume sectors with lesser added value have also been explored.

Another segment of activity supported by AGRICE is the development, simplification and optimisation of chemical and microbiological processes for synthesising plant-based surfactants. This research work has driven several commercial developments. Examples are found in two projects that led to bioemulsifiers used in cosmetics which are

1.2. Les tensioactifs

Les tensioactifs sont des molécules amphiphiles ayant selon leur structure, un pouvoir émulsionnant, adoucissant, mouillant ou détergent. Le groupement lipophile peut être issu de matières premières oléochimiques dérivées de colza, tournesol, palme, etc. La partie hydrophile peut provenir de coproduits de l'industrie de l'amidon ou du sucre (betteraves à sucre, dérivés du maïs ou autres céréales). Ils entrent dans la composition des produits de l'hygiène, de la cosmétique, de la pharmacie, des détergents et des agents de surface.

Comme la majorité des produits d'origine végétale, les tensioactifs sont caractérisés par leur impact favorable sur l'environnement, par leur biodégradabilité, leur écotoxicité faible voire nulle et par leur innocuité pour la santé humaine. De plus, le caractère naturel de ces molécules est un atout important en terme de communication et de promotion.

Ces avantages, associés à l'intérêt grandissant des consommateurs pour les agro-produits, ont permis une forte progression des tensioactifs d'origine végétale. Le marché européen des tensioactifs pour l'année 2000 représentait 2,3 millions de tonnes dont environ 20 % sont d'origine végétale. L'enjeu d'une véritable alternative végétale dans ce secteur est ambitieux et pourrait représenter plusieurs milliers d'hectares de culture sachant que pour produire 100 000 tonnes de tensioactifs végétaux, il faut environ 60 000 hectares. A titre d'exemple, nous pouvons citer les polyglycosides d'alkyle (APG), tensioactifs dérivés de sucres et d'alcools gras naturels, dont la production annuelle mondiale atteint environ 60 000 tonnes.

28 projets d'un montant total de 8,9 millions d'euros ont été financés par AGRICE dont 2,7 millions d'euros d'aide. La grande majorité des projets soutenus par AGRICE porte sur la synthèse de nouvelles molécules aux propriétés tensioactives au travers d'une chimie respectueuse de l'environnement. Les molécules synthétisées présentent des caractéristiques multiples entraînant une simplification des formulations rendant concurrentielle l'alternative végétale. La plupart des valorisations envisagées pour ces nouveaux produits concerne la haute valeur ajoutée, toutefois des secteurs permettant de produire de plus grands volumes avec des valeurs ajoutées moindres ont également été explorés.

Un autre volet des actions soutenues par AGRICE a concerné le développement, la simplification ou l'optimisation de procédés de synthèse chimique ou microbiologique de tensioactifs végétaux.

Ces recherches ont abouti à plusieurs développements commerciaux. A titre d'exemple, nous pouvons citer deux



projets ayant abouti à des bio-émulsionnants utilisés en cosmétique, élaborés à partir de coproduits du blé et d'alcools gras, dérivés d'huiles de palme ou de colza. Ces émulsionnants présentent un bilan environnemental favorable, une mise en œuvre aisée et des propriétés au moins équivalentes à celles des produits d'origine pétrochimique à substituer. Par ailleurs, suite à une étude menée en collaboration par un industriel producteur et un centre de recherche public, ont été développés des tensioactifs pour la formulation de produits phytosanitaires. Ils permettent une simplification des formulations et améliorent les effets biologiques des matières actives phytosanitaires tout en respectant l'environnement. Enfin, d'autres travaux ont débouché sur la synthèse de nouveaux tensioactifs à base de colza érucique, utilisés pour les fluides de forage pétrolier. Ces nouveaux fluides viennent remplacer ceux à base de polymères écotoxiques ainsi que les huiles gélifiées polluantes, utilisés actuellement.

Le dernier aspect des actions soutenues par AGRICE dans ce domaine a concerné l'étude de procédés de synthèse chimique ou microbiologique de tensioactifs végétaux. Deux programmes consécutifs, associant une petite entreprise et un laboratoire de recherche public, ont abouti à la simplification d'un procédé de synthèse industrielle d'esters d'origine végétale. Grâce au changement du catalyseur de la réaction, la qualité des produits finaux a été améliorée et le volume de déchets et effluents produit a été fortement diminué.

À l'heure actuelle, les débouchés des tensioactifs d'origine végétale restent principalement limités aux marchés dits de niches, à forte valeur ajoutée comme les produits d'hygiène et de cosmétique. Les prix de revient sont encore un handicap pour conquérir des marchés de masse tels que ceux des détergents et des agents de surface.

La gamme de produits proposés est déjà très large et le développement de nouvelles molécules tensioactives n'est pas une priorité pour la majorité des industriels. La caractérisation de l'application et des propriétés de la molécule développée est, par contre, d'une importance primordiale. Les véritables enjeux se situent donc non plus au niveau de la synthèse de nouvelles molécules performantes mais à celui du développement de méthodes de synthèses industrielles simples et compétitives.

Cependant, l'industrie de la détergence, sous la pression des consommateurs, pourrait devenir demandeuse de tensioactifs d'origine végétale et ce, pour des marchés de masse. Les potentialités de ce marché sont considérables (50 % de la production de tensioactifs). Toutefois la ressource agricole ne fournit pas, à l'heure actuelle, les

elaborated from wheat coproducts and fatty alcohols derived from palm or rapeseed oils. These emulsifiers are environmentally friendly, easily implemented and possess properties at least equivalent to the petrochemical products they are intended to replace. In another domain surfactants for the formulation of plant health products have been developed on the basis of a study conducted in collaboration with an industrial producer and a public research centre. These surfactants offer simpler formulations and improve the biological effects of active phytosanitary principles while respecting the environment. Other work has led to synthesis of new surfactants based on erucic rapeseed that are used for petroleum drilling fluids. These new fluids replace the ecologically toxic polymers and polluting oil gels currently used.

The final aspect of work on surfactants supported by AGRICE is the study of chemical and microbiological processes for synthesising plant-based surfactants. Two consecutive projects, involving a small business and a public research laboratory, resulted in simplification of an industrial process used to synthesise esters from plant resources. By changing the reaction catalyst the quality of the final product has been improved and the volume of waste and effluent cut sharply.

For the time being the markets for renewable surfactants are limited mainly to so-called niche markets with high added value, such as hygiene and cosmetic products. Cost prices are still a handicap for tackling mass markets such as detergents and surfacing agents.

The range of products offered is already quite large, and for most industrialists the development of new surfactant molecules is not a priority. By contrast, the characterisation of properties and applications for the molecules already developed is of crucial importance. The real challenge no longer lies in developing new high-performance molecules, but in developing simple and cost-competitive methods for industrial synthesis.

Even so, under pressure from consumers the detergents industry could become a taker for renewable surfactants, for mass markets. The potential of this market is considerable— 50% of surfactant production. But as of today agricultural resources do not supply the necessary composition or



quantity of oils (unsuitable carbon chains). One research direction for the coming years could target creating carbon chains that are adapted to detergents.

Substitution of renewable resources for petroleum-based surfactant molecules also has a marketing effect that alone can push the use of molecules with high added value. The creation of a quality label (green or natural products label) would most likely accelerate the market penetration process. Setting up such a label implies identifying the criteria for compliance and carrying out life-cycle studies for the alternate products.

1.3. Solvents

The market for solvents currently stands at around five million tonnes in Europe, 600,000 tonnes for France. These solvents are generally petrochemical products. They emit volatile organic compounds (VOCs) which are suspected of being a human health hazard, are a factor in photochemical pollution, and are implicated in depletion of the ozone layer and the greenhouse effect. Many regulations have been adopted to combat the environmental impact of VOCs, nationally and at the European level. These regulations target chlorinated and fluorinated solvents, and in some cases hydrocarbonated and oxygenated solvents as well.

These solvents are increasingly replaced with water-phase or oxygenated solvents, or non-solvent processes, for the main applications which are paints, resins, inks and degreasing operations. This trend opens up perspectives for the development of products based on agricultural resources, generally oxygenated products, that offer safety and biodegradability.

The solvents sector, mentioned from the outset in 1994 as one of the research directions to be pursued by AGRICE, did not really take off until 1999, following a study commissioned by AGRICE. This study looked at the market perspectives for farm products and sought to identify substitutes for solvents deemed dangerous to health and the environment.

Since 1999 AGRICE has supported eight projects totalling 0.8 million euros. The topics covered are the formulation and assessment of the solvent properties of vegetable oil esters and of glycerine compounds for a broad range of applications including cleaning

compositions ou quantités en huiles nécessaires (chaînes carbonées inadaptées). Pour les années à venir, un des axes de recherche pourrait être l'obtention de chaînes carbonées d'origine végétale adaptées au besoin de la détergence.

En outre, la substitution de molécules tensioactives d'origine pétrochimique au profit du végétal a un effet marketing qui peut, à lui seul, entraîner l'utilisation de molécules de valeur ajoutée élevée. La création d'un label (label vert ou naturel) accélérerait vraisemblablement le processus de pénétration du marché. La mise en place d'un tel label sous-entend l'identification de critères à respecter ainsi que l'étude du cycle de vie des produits de substitution.

1.3. Les solvants

Le marché actuel des solvants est d'environ cinq millions de tonnes en Europe dont 600 000 tonnes environ pour la France. Ils sont en général issus de la pétrochimie. Les solvants émettent des Composés Organiques Volatils (COV) auxquels sont imputés des risques pour la santé humaine, une contribution à la pollution photochimique, un impact sur la destruction de la couche d'ozone et sur l'effet de serre. Pour lutter contre l'impact des COV sur l'environnement, de nombreux textes réglementaires ont été adoptés tant à l'échelle nationale qu'européenne. Les catégories des solvants visés par ces réglementations sont ceux de type chloré, fluoré, et pour certains, hydrocarboné ou oxygéné.

On constate que l'usage de ces solvants tend à diminuer en faveur des produits en phase aqueuse ou sans solvant pour les applications principales (peintures, encres, vernis, dégraissage) et de celui des solvants oxygénés. Ceci ouvre des perspectives de développement pour les produits issus des agroressources, généralement oxygénés, qui offrent des garanties de sécurité et de biodégradabilité.

Le domaine des solvants, cité dès 1994 comme un axe de recherche d'AGRICE, n'a pris son essor qu'en 1999, suite à une étude commanditée par AGRICE. Cette étude a porté sur l'examen des perspectives de débouchés des produits agricoles, et la recherche de solutions de substitution des solvants dits dangereux pour la santé et l'environnement.

Depuis 1999, AGRICE a soutenu 8 projets pour un montant total de 0,8 million d'euros. Ces projets concernent la formulation et l'évaluation des propriétés solvantes d'esters d'huiles végétales ou de composés glycériques pour de nombreux domaines d'application comme le nettoyage en imprimerie, la formulation de peintures, vernis et assimilés, les électrolytes d'accumulation dans les batteries ou l'élaboration de liants bitumineux pour la construction routière.



L'intérêt pour les solvants issus des agroressources ira grandissant en raison notamment de la Directive du 11 mars 1999 sur la réduction des émissions de COV. Anticipant cette réglementation, les grands groupes pétrochimiques ont mis au point de nombreux produits qui sont encore pour la plupart au stade du laboratoire. Les futurs travaux de recherche vont probablement viser la validation et l'amélioration de ces produits en vue de trouver des formulations plus efficaces, polyvalentes et à un coût équivalent à celui des solvants d'origine pétrochimique. Selon le rapport de M. Philippe Desmarescaux, le potentiel à 10 ans de la production de solvants issus d'agroressources serait de 200 000 tonnes, ce qui représenterait 40 000 hectares d'oléagineux et 30 000 hectares de plantes sucrières.

1.4. Les autres biomolécules

Parmi les autres projets soutenus par AGRICE depuis 1994, certains portent sur des applications ciblées parmi lesquelles nous pouvons évoquer la recherche de principes actifs spécifiques dans des coproduits de synthèse du diester pour la cosmétique, la valorisation de protéines d'origine végétale en dermocosmétique et microbiologie ou encore les cultures spéciales notamment de plantes à colorants. Différents programmes de recherche ont également été consacrés au développement de molécules plurifonctionnelles et de nouveaux procédés.

A titre d'exemple, AGRICE a soutenu plusieurs études sur le 1,3 propanediol biologique. Il s'agit d'un intermédiaire chimique aux applications variées : polymères biodégradables (tels que polyesters ou polyuréthanes), cosmétiques, composites, fibres textiles, peintures... Sa production par voie pétrochimique est très coûteuse et présente un frein à son utilisation. Le développement de procédés compétitifs tant du point de vue économique qu'environnemental est recherché. La matière première choisie initialement était le glycérol, à l'heure actuelle les programmes de recherche s'orientent plutôt vers l'utilisation de l'amidon ou du saccharose. Plusieurs grands industriels manifestent un réel intérêt pour la production de 1,3 propanediol biologique.

in printing plants, formulation of paints, resins and similar products, storage electrolytes in batteries, and bituminous binders for road construction.

Interest in solvents from agricultural resources is growing, notably because of the directive aimed at reducing VOC emissions issued 11 March 1999. In anticipation of this regulation the major petrochemical groups have designed a great many products, most of which are still in the laboratory phase. Future research will probably target validation and improvement of these processes with a view to finding formulations that are multipurpose, more effective, and equivalent in cost to petrochemical solvents.

According to the report written by Mr. Philippe Desmarescaux, within 10 years some 200,000 tonnes of solvents could be produced from agricultural resources, implicating 40,000 hectares of oilseed crops and 30,000 hectares of sugar crops.

1.4. Other biomolecules

Among the other projects supported by AGRICE since 1994 some have researched specific applications. These include identification of specific active principles for cosmetics in the coproducts of biodiesel processing, plant proteins that can be used in dermocosmetics and microbiology, and speciality crops, notably plants for dyes. Various research programmes have been devoted to the development of multifunctional molecules and to new processes.

As an example, AGRICE has supported several studies of biological 1,3 propanediol. This is an intermediate chemical with diverse applications: biodegradable polymers (such as polyesters or polyurethanes), cosmetics, composite materials, textile fibres, paints, etc. The petrochemical production pathway for 1,3 propanediol is very expensive, and restricts its use. The search is on for processes that are competitive both economically and environmentally. Initially glycerol was selected as a feedstock, now research programmes are turning toward the use of starch or saccharose. Several large industrial firms have shown a genuine interest in producing biological 1,3 propanediol.



■ 2. BIOMATERIALS

The large dominant sectors in which plastics are used (packaging, construction, transport, electricity, etc.) are faced with rising pressure from consumers for preservation of the quality of the environment. Substituting biomaterials for these compounds generally obtained from petrochemicals, is a solution that protects resources and the environment, optimises waste management, saves energy and creates jobs, notably in rural areas. Biomaterials derived from grain products and byproducts (starch, gluten), oilseed and protein-rich plants (proteins), and fibrous plants (cellulose) can be used to make biopolymers (films and packaging) and composite agrimaterials (coverings and facings, automobile fittings, insulation, etc.).

Just a few years ago these materials were limited to use in a few specific items and applications; today they are made by many companies, notably small and medium-sized businesses which have since been joined by the major multinational polymer-producing corporations. The world market that in 1996 registered production of 14,000 tonnes could attain 500,000 tonnes in 2005, thanks to gains in productivity and new production capacity (notably in the United States).

But the main impediment hindering the development of biomaterials today is still their high cost, and sometimes mechanical properties that are insufficient compared to existing products.

From 1994 to 2000 27 biomaterials projects were financed by AGRICE, with a total value of 7.4 million euros, including grants of 2.3 million euros. Three research domains have been explored: biopolymers that can be substituted for plastics, their biodegradability, and agrimaterials. This work was complemented by a report on possible market outlets for biomaterials.

■ 2. LES BIOMATÉRIAUX

Les grands secteurs dominants d'application des matériaux plastiques (emballage, bâtiment, transport, électricité, etc) sont confrontés à la pression croissante d'une demande pour la préservation de la qualité de l'environnement. La substitution de ces composés, généralement issus de la pétrochimie, par les biomatériaux est une solution permettant de protéger les ressources et l'environnement, d'optimiser le système de gestion des déchets, d'économiser l'énergie et de créer des emplois notamment en milieu rural. Issus des produits et sous-produits des céréales (amidon, gluten), oléagineux et protéagineux (protéines) ainsi que des plantes fibreuses (cellulose), ils permettent de fabriquer des biopolymères (films et emballages), des agromatériaux composites (revêtements, garnitures d'automobiles, isolants, etc.).

Limités, il y a encore quelques années, à quelques références et applications précises, ces matériaux sont aujourd'hui produits par de nombreuses entreprises, notamment des petites et moyennes entreprises rejointes depuis par les grandes multinationales des polymères. Ainsi, le marché mondial qui représentait 14 000 tonnes de production en 1996 pourrait atteindre grâce aux gains de productivité et aux nouvelles capacités de production, notamment américaines, les 500 000 tonnes en 2005.

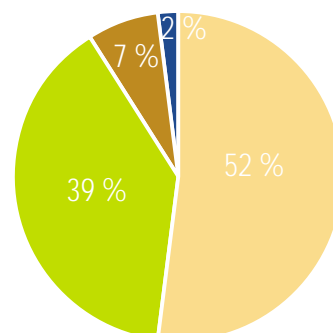
Toutefois, le principal frein au développement des biomatériaux reste encore à ce jour leur coût élevé et parfois leurs propriétés mécaniques insuffisantes par comparaison avec les produits existants.

De 1994 à 2000, 27 projets sur les biomatériaux ont été financés par AGRICE pour un montant total de 7,4 millions d'euros dont un montant d'aide de 2,3 millions d'euros. Trois domaines de recherche ont été explorés : les biopolymères pouvant se substituer aux plastiques, l'étude de leur biodégradabilité et les agromatériaux. A cela, il faut ajouter une étude de recherche de débouchés pour les biomatériaux.

Répartition des aides attribuées par AGRICE pour les biomatériaux

Breakdown of AGRICE grants for biomaterials

- Biopolymères - 52 %
Biopolymers
- Agromatériaux - 39 %
Agrimaterials
- Environnement - 7 %
Environment
- Études technico-économiques - 2 %
Technical/economic studies





2.1 Biopolymères

La directive 94/62/CEE sur les déchets plastiques imposant de trouver des voies alternatives à la mise en décharge a permis depuis 1994, le développement des matériaux ou plastiques dits " biodégradables ". Constitués en majorité par des biopolymères, ces nouveaux plastiques possèdent, outre la biodégradabilité, des avantages incontestables. Ils sont recyclables, incinérables et compostables.

Bien que le marché des produits biodégradables soit limité, les produits disponibles sur le marché sont très variés et les applications nombreuses. Parmi ceux qui suscitent le plus d'intérêt, on peut citer l'emballage de calage, le sac de collecte des déchets verts et le sac à compost, la barquette alimentaire, le pot de yaourt, le film alimentaire, le film pour l'agriculture....

AGRICE a soutenu 10 projets dans le domaine des biopolymères. Les principaux axes de recherche examinés concernent les études de fractionnement et de purification, de fonctionnalisation, de rhéologie, de biosynthèse par fermentation et de mise en forme. Les travaux ont porté sur les polysaccharides, les protéines, le gluten et le saccharose. Les opérations de recherche ont permis de démontrer la faisabilité technologique d'un certain nombre de produits à propriétés originales qui pourraient être exploités dans des conditions économiques raisonnables. Parmi les résultats les plus significatifs, nous pouvons citer la mise au point des films pour les emballages ou pour le paillage agricole, des barquettes pour le conditionnement alimentaire, etc ...

En complément de ces travaux, AGRICE a mis en place un important programme de recherche sur la biodégradabilité des polymères, notion souvent utilisée comme un argument marketing. Ce programme s'est fixé pour objectif la mise au point d'une méthode de laboratoire pour l'étude de la biodégradabilité des polymères ainsi que la définition de normes. Il a permis d'identifier les points de blocage majeurs tels que la tenue à l'eau et la mise en œuvre industrielle, de réaliser des démonstrations à l'échelle laboratoire et de développer des outils analytiques pour la mesure de la biodégradabilité des polymères en milieu naturel et en situation de compostage.

2.1 Biopolymers

The 94/62/EEC directive on plastic wastes that requires finding alternatives to landfilling has encouraged the development of so-called "biodegradable" materials and plastics since 1994. For the most part composed of biopolymers, these new plastics have undeniable advantages, in addition to biodegradability. They can be recycled, incinerated or composted.

Even though the market for biodegradable products is limited, a wide variety of products are available and potential applications are numerous. Those that attract the most attention are packing materials for shipping, garden waste collection bags and compost bags, food trays and containers, yoghurt cups, films for food and for agriculture.

AGRICE has supported 10 biopolymer projects. Research has focused on fractionation and purification studies, functionalisation, rheology, biosynthesis by fermentation, and shaping. This work has looked at polysaccharides, proteins, gluten and saccharose. Technological feasibility has been demonstrated for a certain number of products with unusual properties which could be exploited in reasonable economic conditions. The most significant results are films for packaging and for wrapping agricultural straw, trays and containers for foods, etc.

In addition to this work AGRICE has set up a major research programme on polymer biodegradability, a notion often used in marketing products. This programme aims to elaborate a laboratory method for studying the biodegradability of polymers and to define standards. This work has identified major stumbling blocks such as wet strength and industrial handling. Laboratory scale demonstrations have been carried out and analytical tools developed for measuring polymer biodegradability in the natural environment and in compost situations.



2.2. Agrimaterials

Put simply, agrimaterials are combinations of synthetic polymers and biopolymers, and blends of fibres and natural polymers (starch, cellulose). Work in this area of application started recently, in 1997, and 16 projects have received support..

The research topics investigated in projects supported by AGRICE cover a wide range: use of hemp or flax fibres to replace fibreglass used in building materials and in automobile construction to reinforce body elements; manufacture of panels made from crushed straw and resin derived from linseed oil; incorporation of plant matter from grains to enhance the mechanical properties of synthetic polymers used to produce agricultural films; elaboration of composites based on starch and cellulose microfibrillae; addition of lignin or polyols to improve the thermoplastic properties or gas-barrier features of starch used to manufacture multilayer films; adaptation of conventional plastic forming processes to agrimaterials (injection, extrusion, blowing, thermoforming).

The work on agrimaterials conducted under the auspices of AGRICE has opened up highly promising perspectives. Biopolymer research has had limited spin-off effects.

The work on biopolymers is still far from attaining the stage of industrial applications. There are fundamental problems that remain to be resolved, such as the wet strength of biopolymers and handling in industrial applications. Technological research must be continued to bring this research closer to application, in association with industrial plastics companies, and markets must be more precisely targeted in order to make real commercial advances.

Work on agrimaterials could come to market more quickly, in technical applications such as residential acoustic and thermal insulation materials, and reinforcing material for automobile bodies and parts. The stakes are particularly high for recycling and energy conservation in the automobile industry.

2.2. Les agromatériaux

Les agromatériaux regroupent, en simplifiant, les mélanges de polymères synthétiques et de biopolymères, les mélanges de fibres et de polymères naturels (amidon, cellulose). Ce domaine d'application a été ouvert plus récemment (1997) ; depuis, 16 projets ont été soutenus.

Les axes de recherche explorés dans le cadre des projets soutenus par AGRICE restent très ouverts et portent sur : l'utilisation de fibres de chanvre ou de lin en remplacement de la laine de verre dans le bâtiment ou comme renfort des carrosseries d'automobile, la mise en œuvre de panneaux à partir de pailles broyées et de résine produite à partir d'huile de lin, l'amélioration des propriétés mécaniques des polymères de synthèse en les chargeant de matières végétales d'origine céréalière pour la production de films à usage agricole, la mise au point de composites à base d'amidon et de microfibrilles de cellulose, l'amélioration des propriétés thermoplastiques ou barrières au gaz de l'amidon par addition de lignine ou de polyols dans la production de films multicouches, l'adaptation des procédés de transformation de la plasturgie classique aux agromatériaux (injection, extrusion, soufflage, thermoformage).

Les retombées du programme AGRICE dans le domaine des biomatériaux restent limitées en ce qui concerne le thème des biopolymères, mais ouvrent des perspectives très intéressantes pour les agromatériaux.

En effet, les travaux sur les biopolymères sont encore loin d'applications industrielles. Des problèmes fondamentaux restent à résoudre comme la tenue à l'eau des biopolymères et leur mise en œuvre industrielle. Afin de rapprocher ces recherches des applications, il faudrait à la fois poursuivre la recherche technologique, associer des industriels plasturgistes et mieux cibler les marchés visés pour parvenir à de véritables réalisations commerciales.

Les actions lancées dans le domaine des agromatériaux pourraient trouver plus rapidement des débouchés dans les applications techniques comme l'isolation phonique ou thermique d'habitations, voire comme renfort pour les carrosseries ou les pièces pour des utilisations en automobile, secteur où les enjeux sont considérables en ce qui concerne le recyclage et l'économie d'énergie.