

Ministère de la Région wallonne  
Direction générale de l'Agriculture

# les livrets

DE L'AGRICULTURE

N° 5

## La chimie végétale

Sylvie Nangniot, responsable du Projet Chimie végétale,  
Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux







# les livrets

**D E L ' A G R I C U L T U R E**

**N° 5**

## **La chimie végétale, les ressources renouvelables dans des applications industrielles**

**Sylvie Nangniot,  
responsable du Projet Chimie végétale,  
Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux**

Une collection  
de la direction générale  
de l'Agriculture





## Préface

Depuis de nombreuses années, la Région wallonne s'investit dans les recherches portant sur l'utilisation non alimentaire des produits agricoles. La direction générale de l'Agriculture apporte ainsi son soutien aux associations oeuvrant à la promotion des ressources renouvelables et à leur application dans notre contexte régional, citons notamment, la "Belgian Biomass Association", Belbiom, "l'agence pour la Valorisation non alimentaire des productions agricoles", Valonal et le "groupe Chimie végétale" auquel appartient l'auteur de ce Livret.

Le groupe Chimie végétale de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux a pour missions non seulement d'identifier les nouvelles voies qui pourraient être suivies avantageusement mais aussi d'étudier les opportunités de développement de l'usage des dérivés des ressources vertes.

Ce travail suppose d'entretenir des relations de confiance avec les industries utilisatrices de ces produits alternatifs de manière à établir, avec leur concours, un balisage fiable de leurs avantages et inconvénients. C'est le travail que livre ici Sylvie Nangiot. Il fait la démonstration de ce que l'usage des dérivés des ressources renouvelables, ici végétales, a désormais quitté le stade de l'expérimentation et du parti pris. Les avantages de leur utilisation sont maintenant avérés et leur

coût, le frein majeur de leur développement, est à pondérer sérieusement.

Le mouvement est donc lancé, et de manière irréversible sans doute. Cela laisse espérer que des volontés d'ordre supra-national l'activeront sans tarder. Cela donne aussi à penser, au niveau proche qui est le nôtre, à la nécessité de permettre aux agriculteurs d'avancer sûrement dans ces voies qui s'ouvrent. Il importe notamment de s'attacher à consolider les rapports qu'ils ont avec les demandeurs de matière première. Un exemple très tangible, la révision des contrats de fournitures : les établir assortis de conditions d'homogénéité de lots et de qualité, certes, mais pour une durée déterminée suffisamment longue pourrait stabiliser chacune des parties contractantes.

L'enjeu de l'expansion du recours aux ressources de substitution est multiple. Agricole d'abord, à nos yeux, du moins, mais aussi industriel quand il réclame la création d'installations de transformation spécifiques, économique quand il allège notre dépendance aux produits d'importation, environnemental et sanitaire quand il atténue ou éradique les effets de l'utilisation de la chimie sur la santé et le milieu.

Jacques Reginster  
Directeur général





# Sommaire

Préface	3	4. Les encres d'imprimerie	22
1. Introduction	7	4.1. Introduction	22
2. Les lubrifiants	9	4.2. Santé, environnement et couche d'ozone	23
2.1. Introduction	9	4.3. Performances des encres végétales	23
2.2. La lubrification perdue	10	4.4. Prix des encres à base d'huiles végétales	24
2.3. Lubrifiants fabriqués à partir de ressources renouvelables	12	4.5. Opportunités pour l'agriculture	24
2.4. Performances des biolubrifiants	13		
2.5. Utilisation actuelle des biolubrifiants	14	5. Les peintures	25
2.6. Prix des biolubrifiants	14	5.1. Introduction	25
2.7. Législation en matière de lubrification perdue	14	5.2. Les peintures : environnement et santé	26
3. Les biopolymères	15	5.3. Matières premières utilisées pour la fabrication des peintures naturelles	27
3.1. Introduction	15	5.4. Opportunités pour l'agriculture	27
3.2. La problématique des déchets plastiques	16	5.5. Performance des peintures naturelles	28
3.3. Les biopolymères	18		
3.3.1. Types de biopolymères	18	6. Les tensioactifs	29
3.3.2. Domaines potentiels d'application des biopolymères	18	6.1. Introduction	29
3.3.3. Utilisations actuelles des biopolymères	18	6.2. Tensioactifs issus de ressources renouvelables	30
3.3.4. Utilisations actuelles des biopolymères	20		
3.3.5. Prix d'achat des biopolymères	21	Bibliographie	31
3.3.6. Opportunités pour l'agriculture	21	Adresses utiles	33





## 1. Introduction

Notre vie quotidienne est ponctuée par l'utilisation de produits chimiques très divers dont on pourrait difficilement se passer : détergents, matières plastiques, lubrifiants, matières textiles, peintures et produits de traitement du bois, encres, produits cosmétiques, etc.

On oublie cependant trop souvent l'origine des matières premières utilisées pour leur fabrication. Bon nombre de ces produits sont actuellement fabriqués à partir de ressources pétrolières. Une des particularités du pétrole est son caractère non renouvelable. En effet, plusieurs millions d'années ont été nécessaires à la constitution des réserves de pétrole que nous exploitons actuellement. D'après certaines estimations, les dernières réserves de pétrole devraient être exploitées entre 2040 et 2060.

Outre leur disponibilité limitée, ces produits ne sont pas inoffensifs pour notre environnement. Ils engendrent des émissions polluantes dans l'air (effet de serre),

dans l'eau, ainsi que des déchets non biodégradables. Certains d'entre eux, toxiques ou allergènes, peuvent entraîner des effets négatifs sur la santé (irritation de la peau et des muqueuses, nausées, asthme, etc.).

Tous ces produits chimiques peuvent aisément être fabriqués à partir de ressources renouvelables. Ces ressources proviennent soit d'une production végétale (huiles, amidon, sucre, protéines, cellulose, extraits végétaux, etc.) ou animale (lait, graisse animale, œufs, etc.). Cette brochure illustre cinq exemples représentatifs de l'utilisation de ressources renouvelables dans des applications industrielles :

- les lubrifiants,
- les plastiques,
- les encres,
- les peintures,
- les détergents.



## introduction

8

Il existe de très nombreuses possibilités d'utilisation des ressources renouvelables dans des applications chimiques. Les produits qui en dérivent, utilisés correctement, permettent d'obtenir des performances analogues voire dans certains cas supérieures à leurs homologues pétrochimiques. Ils contribuent, par leur utilisation, à une meilleure préservation de l'environnement car ils sont biodégradables rapidement. Non toxiques et non-allergènes, ils sont plus respectueux de la santé des utilisateurs. Leur utilisation à une plus grande échelle permettrait d'économiser les ressources fossiles pour les générations futures, ce qui représente un objectif important dans le cadre du développement durable. De plus, les produits issus de ressources renouvelables ne contribuent pas à l'effet de serre (bilan en CO<sub>2</sub> nul).

D'un point de vue environnemental, les cultures non-alimentaires peuvent également concourir à la biodiversité en élargissant le nombre d'espèces végétales cultivées dans un espace déterminé.

Si on considère l'agriculture, les bénéfices potentiels comprennent une réduction des surplus de produits agricoles, de nouvelles possibilités de débouchés, ainsi que le maintien de l'emploi dans le domaine agricole.

Les terres agricoles disponibles pour la production de matières premières destinées aux industries chimiques existent en quantité suffisante. Cela signifie que les prélèvements non alimentaires que peuvent opérer ces industries sont sans incidence sur les grands équilibres alimentaires mondiaux. On estime que les agriculteurs européens produisent chaque année 200 millions de tonnes d'amidon, 25 millions de tonnes de saccharose, 35 millions de tonnes de protéines et 6 millions de tonnes de lipides.

Les surfaces agricoles destinées à approvisionner en matières premières les marchés du non alimentaire ne devraient guère dépasser, dans la meilleure des hypothèses, 10% des 35 millions d'hectares de terre cultivable en Europe.

L'inconvénient majeur de ces produits est actuellement leur prix d'achat, généralement supérieur à celui des produits pétrochimiques, ce qui limite leurs utilisations. Une diminution de leur prix augmenterait très certainement leurs parts de marché.

Par ailleurs, dans le contexte actuel de conscientisation à la nécessité d'une protection accrue de l'environnement, on peut espérer l'apparition de législations favorisant l'utilisation de produits plus écologiques.



## 2. Les lubrifiants

### 2.1. Introduction

Jusqu'à la moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, seules les huiles et graisses naturelles étaient utilisées comme lubrifiants.

Négligées durant de très nombreuses années, elles offrent aujourd'hui une nouvelle opportunité de se substituer aux produits issus du pétrole. Depuis une dizaine d'années, on assiste à un retour des lubrifiants fabriqués à partir d'huiles végétales ou de graisses naturelles. Les produits de première génération, de performances médiocres, ont contribué à la mauvaise image de marque des biolubrifiants. En dix ans, de nombreux progrès ont été réalisés et la majorité des lubrifiants biodégradables actuels offrent des performances analogues voire parfois même supérieures aux dérivés pétrochimiques.

### 2.2. La lubrification perdue

En Belgique, nous consommons chaque année environ 250 000 tonnes de lubrifiants. Ces derniers sont utilisés dans des domaines très divers, pour des applications automobiles ou industrielles. Sur ces 250 000 tonnes, environ 30 000 tonnes servent pour des applications de graissage perdu (figure 1, page suivante).

Ces lubrifiants perdus se retrouvent inévitablement dans la nature. Les huiles minérales traditionnelles n'étant que faiblement biodégradables, ces pertes représentent une source non négligeable de pollution des sols et des eaux de surface. En effet, un seul litre de ces huiles peut théoriquement polluer 1 000 000 de litres d'eau. Outre cette pollution directe, les huiles usagées ont des effets toxiques sur la faune et la flore. Elles sont également la cause de mauvais fonctionnements voire d'obstruction des collecteurs et des stations d'épuration.

Les lubrifiants biodégradables lapinés à partir de ressources renouvelables représentent une solution de

Par leur biodégradabilité rapide et complète, ils contribuent à la protection des eaux potabilisables et des sols. Dans certaines applications, ils procurent un confort supérieur à l'utilisateur par une réduction des irritations cutanées et des allergies respiratoires.

Issus de ressources renouvelables, les biolubrifiants offrent de nouvelles possibilités de débouchés pour les produits agricoles.

## 2.2. La lubrification perdue

En Belgique, nous consommons chaque année environ 200.000 tonnes de lubrifiants. Ces derniers sont utilisés dans des domaines très divers, pour des applications automobiles ou industrielles. Sur ces 200.000 tonnes, environ 30.000 tonnes servent pour des applications de graissage perdu (figure 1, page suivante).

10

Ces lubrifiants perdus se retrouvent inévitablement dans la nature. Les huiles minérales traditionnelles n'étant que faiblement biodégradables, ces pertes représentent une source non négligeable de pollution des sols et des eaux de surface. En effet, un seul litre de ces huiles peut théoriquement polluer 1.000.000 de litres d'eau. Outre cette pollution directe, les huiles usagées ont des effets toxiques sur la faune et la flore. Elles sont également la cause de mauvais fonctionnements voire d'obstruction des collecteurs et des stations d'épuration.

Les lubrifiants biodégradables fabriqués à partir de ressources renouvelables représentent une solution de choix pour répondre aux problèmes d'environnement propres à la lubrification perdue. En effet, leur biodégradabilité primaire\* est très nettement supérieure à celle des lubrifiants minéraux (voir tableau 1).

\* La biodégradabilité primaire est mesurée selon la norme CEC-L32-A83. Le pourcentage de biodégradabilité correspond à la quantité de lubrifiant qui a disparu du milieu après 21 jours.

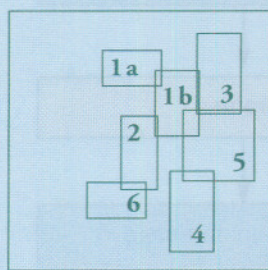
**Tableau 1 : comparaison de la biodégradabilité primaire des lubrifiants minéraux et des biolubrifiants**

Biodégradabilité primaire* (%)	
Lubrifiants d'origine minérale	Lubrifiants d'origine végétale
20 à 30 %	> 90 %

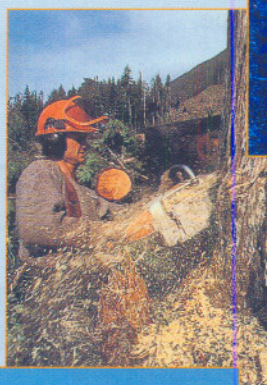


**Figure 1 :** applications concernées par la lubrification perdue

## Lubrification perdue



- 1' Graisses
  - a) systèmes de graissage centralisés des camions
  - b) aiguillages chemin de fer, etc
- 2' Huiles de chaînes de tronçonneuses
- 3' Huiles de démoulage
- 4' Huiles de moteurs 2 - temps
- 5' Huiles de forage en mer
- 6' Huiles hydrauliques
  - fuites accidentelles



\* : Crédits photos (Benelux press et Fina) ©



## 2.3. Lubrifiants fabriqués à partir de ressources renouvelables

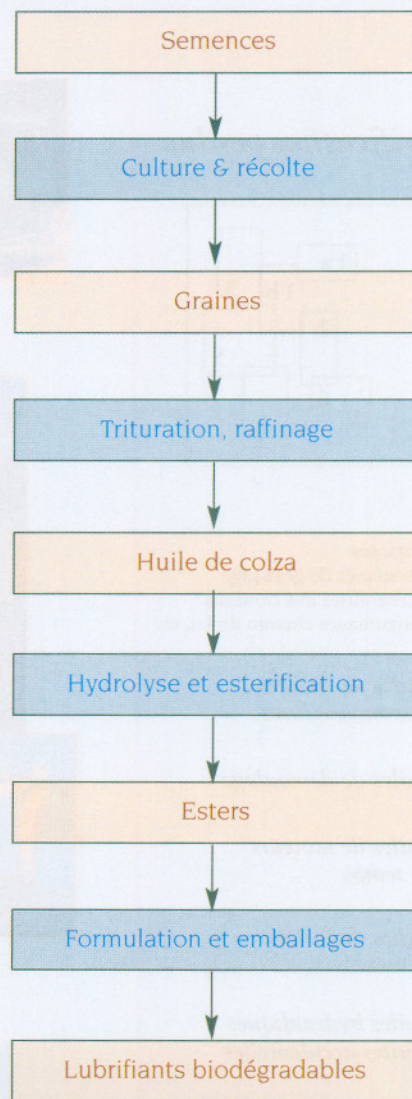
Certaines huiles végétales et même graisses animales (suif), peuvent intervenir dans la fabrication de lubrifiants plus respectueux de l'environnement. Les huiles végétales utilisées sont de nature diverse (colza, tournesol, etc.). Cependant, si on s'intéresse aux possibilités de nouveaux débouchés pour les produits agricoles, seul le colza est véritablement concerné en Région wallonne (figure 2).

Les lubrifiants fabriqués à partir d'huiles végétales peuvent répondre à différentes formulations. Soit on utilise une huile végétale seulement raffinée et additivée, soit on mélange cette huile à un ester, issu lui-même d'une huile végétale par transformation chimique.

Dans les formulations actuelles, on constate la présence d'esters végétaux en quantité de plus en plus importante. Cette utilisation accrue s'explique aisément. En effet, les esters confèrent aux lubrifiants des propriétés techniques supérieures à celles obtenues avec des huiles végétales simplement raffinées et additivées. Les esters confèrent :

- une meilleure résistance à l'oxydation;
- une meilleure résistance aux températures extrêmes;
- une réduction des phénomènes d'usure;
- une meilleure performance lubrifiante.

**Figure 2 : filière des biolubrifiants**  
(1 T lubrifiants = 1 T huile de colza = 0,7 ha de colza)



Source : Fina



2.4. Performances des biolubrifiants

Les biolubrifiants actuels ont des propriétés fonctionnelles équivalentes voire supérieures à leurs homologues pétrochimiques. Les formulations des lubrifiants sur base d'huiles végétales sont adaptées en fonction du type d'utilisation. Plus les contraintes sont importantes (températures élevées, pressions importantes, etc.), plus la proportion d'esters est élevée. Les huiles végétales simplement raffinées et additivées ne sont pas aptes à résister aux températures et pressions élevées. Le tableau 2 résume les différents avantages apportés par les biolubrifiants sur base d'esters végétaux.

Exemple : Les produits de démoulage d'éléments en béton.

Ils sont fabriqués par un mélange d'huiles végétales et d'esters végétaux. Bien que plus coûteux à l'achat, les quantités de lubrifiants nécessaires pour démouler une surface donnée sont moindres que celles utilisées dans le cas d'un lubrifiant minéral. Ils sont par conséquent globalement moins coûteux à l'utilisation et permettent d'éviter des frais de dépollution en cas de déversements accidentels (ils présentent une biodégradabilité rapide supérieure à 95 %). Dans ce type d'applications, on combine à la fois de meilleures performances techniques, un coût global semblable, des impacts environnementaux réduits, et l'absence d'effet négatif pour la santé des utilisateurs (allergies, problèmes cutanés,...).

Tableau 2 : avantages des lubrifiants sur base d'esters végétaux par rapport aux huiles minérales classiques

	Tronçonneuse	Démoulage	Hydraulique
• Biodégradabilité	x	x	x
• Réduction des irritations cutanées		x	
• Réduction des affections respiratoires		x	
• Réduction des frictions et usures	x	x	x
• Volatilité et inflammabilité réduites		x	x
• Meilleure stabilité à la t°, à l'oxydation et à l'hydrolyse			x
• Indice de viscosité élevé et bonne fluidité à froid	x	x	x
• Bon pouvoir solvant et détergent			x
• Stabilité élevée au cisaillement			x

Source : Fina



## 2.5. Utilisations actuelles des biolubrifiants

Dans notre pays, les utilisations de lubrifiants biodégradables ne représentent actuellement que 50 à 100T (ce qui équivaut seulement à 0,025 % à 0,05 % du marché total des lubrifiants).

En Allemagne, les quantités de lubrifiants biodégradables utilisées approchent les 30.000 à 35.000 T, pour un marché global de 1.200.000 T, soit environ 3 % du marché global. Ce pourcentage évolue positivement et devrait atteindre 5 % à 10 % dans les prochaines années.

Selon le ministère anglais de l'Agriculture, l'utilisation potentielle des biolubrifiants en Europe représenterait

300.000 tonnes sur un total de 5.000.000 de tonnes, soit 6%.

**Si on remplace ces 6 % à l'échelle belge, cela représenterait une utilisation de 12.000 T de lubrifiants biodégradables, et permettrait la culture d'environ 15.000 ha de colza.**

Une ouverture significative des marchés est cependant indispensable à la production de ces lubrifiants. Un volume critique est nécessaire pour fournir ces produits alternatifs à un prix acceptable par les consommateurs. Pour assurer ce marché critique, un choix s'impose : la mise en place progressive d'une réglementation favorisant l'utilisation des produits sans risque.

## 2.6. Prix des biolubrifiants

Les lubrifiants sur base végétale coûtent de 2 à 10 fois plus cher que les lubrifiants minéraux. Cependant, les lubrifiants utilisés dans certaines applications ont des durées de vie plus importantes et/ou réduisent les phénomènes d'usure des pièces lubrifiées, permettant de compenser en tout ou en partie le coût d'achat plus élevé.

**Certains lubrifiants à base végétale (huiles et/ou esters) présentent un quadruple avantage :**

- une durée de vie accrue;
- une usure réduite;
- une biodégradabilité importante;
- moins d'effets nocifs pour la santé des utilisateurs (allergies cutanées par exemple).

## 2.7. Législation en matière de lubrification perdue

Il n'y a actuellement aucune réglementation de l'Union européenne en la matière. Les seules directives européennes qui existent concernent l'élimination des huiles usagées (récolte, élimination, revalorisation). Cependant, certains pays montrent actuellement l'exemple :

- l'Autriche a imposé l'utilisation de lubrifiants biodégradables pour les chaînes de tronçonneuse ;

- l'Italie a frappé les lubrifiants minéraux d'une surtaxe rendant les lubrifiants biodégradables 15 à 20 % moins chers que les lubrifiants minéraux ;

- les Pays-Bas stimulent, à l'aide d'outils financiers, l'utilisation de lubrifiants biodégradables pour les machines agricoles ainsi que pour les engins de génie civil.



## 3. Les biopolymères

### 3.1. Introduction

Avec une demande annuelle de 125 millions de tonnes, les plastiques pétrochimiques conventionnels ont dépassé le fer et l'acier. Grâce à leurs propriétés technologiques et à leur polyvalence, les plastiques sont présents dans tous les secteurs de notre vie quotidienne. Cependant, ces énormes quantités de matériaux posent des problèmes d'environnement, en relation avec l'exploitation des ressources fossiles, l'effet de serre, ainsi que par les quantités de déchets engendrés qui doivent être traités. A côté du recyclage des plastiques qui prend de plus en plus d'importance, il existe une autre alternative offerte par les plastiques biodégradables ou biopolymères.

Ces matériaux sont fabriqués à partir de ressources agricoles, cela signifie que leur production et leur utilisation peuvent se faire dans le cadre du développement durable, tout en permettant d'économiser les ressources fossiles et sans contribuer aux émissions nettes de CO<sub>2</sub>.



## 3.2. La problématique des déchets plastiques

### Contexte actuel

Dans notre pays, les déchets plastiques représentent environ 7 % en poids des déchets ménagers et 22 % en volume. Les emballages en sont la principale source (environ 80 %).

L'indégradabilité constitue très généralement une propriété recherchée pendant la durée de vie utile d'un produit. Cependant, pour bon nombre de produits en plastique, celle-ci est courte. Tel est notamment le cas des emballages jetables ; ils représentent une forme de consommation jointe, et leur fonction s'achève lorsqu'ils ont été vidés de leur contenu. S'ils sont mis en décharge ou font l'objet de rejets sauvages, plusieurs centaines d'années sont nécessaires à la nature pour les "détruire", c'est-à-dire en réalité pour assurer le retour au cycle naturel des éléments premiers qui les composent ; ce qui était qualité essentielle, devient défaut majeur. Cette disproportion dans les échelles de temps et les conséquences qui en découlent, conduisent à chercher à rapprocher durée de vie utile et durée de vie physique, même si c'est au prix de matériaux un peu moins performants pendant la vie utile, le bilan global serait sans doute plus favorable (figure 3).

### Traitement des déchets plastiques

Les diverses solutions au problème de l'élimination des déchets plastiques ont leurs avantages et leurs inconvénients :

- **le stockage en décharge** est un palliatif pour les déchets plastiques collectés mais est sans effet sur les plastiques disséminés tels que les emballages ou les films agricoles. De plus, dans quelques années, la mise en décharge de déchets plastiques ne sera plus autorisée. Seuls les déchets ultimes seront encore acceptés ;

- **l'incinération** est une technique coûteuse. Elle restitue de l'énergie mais produit du gaz carbonique, des poussières et des résidus, voire des produits toxiques ;
- **le recyclage** est potentiellement intéressant mais il n'est pas général, conduit systématiquement à des produits inférieurs et impose l'organisation d'une collecte sélective. Le faible coût actuel des matières premières vierges rend le recyclage très peu compétitif.

### Les polymères biodégradables représentent une des solutions possibles pour tenter de diminuer les quantités de déchets plastiques.

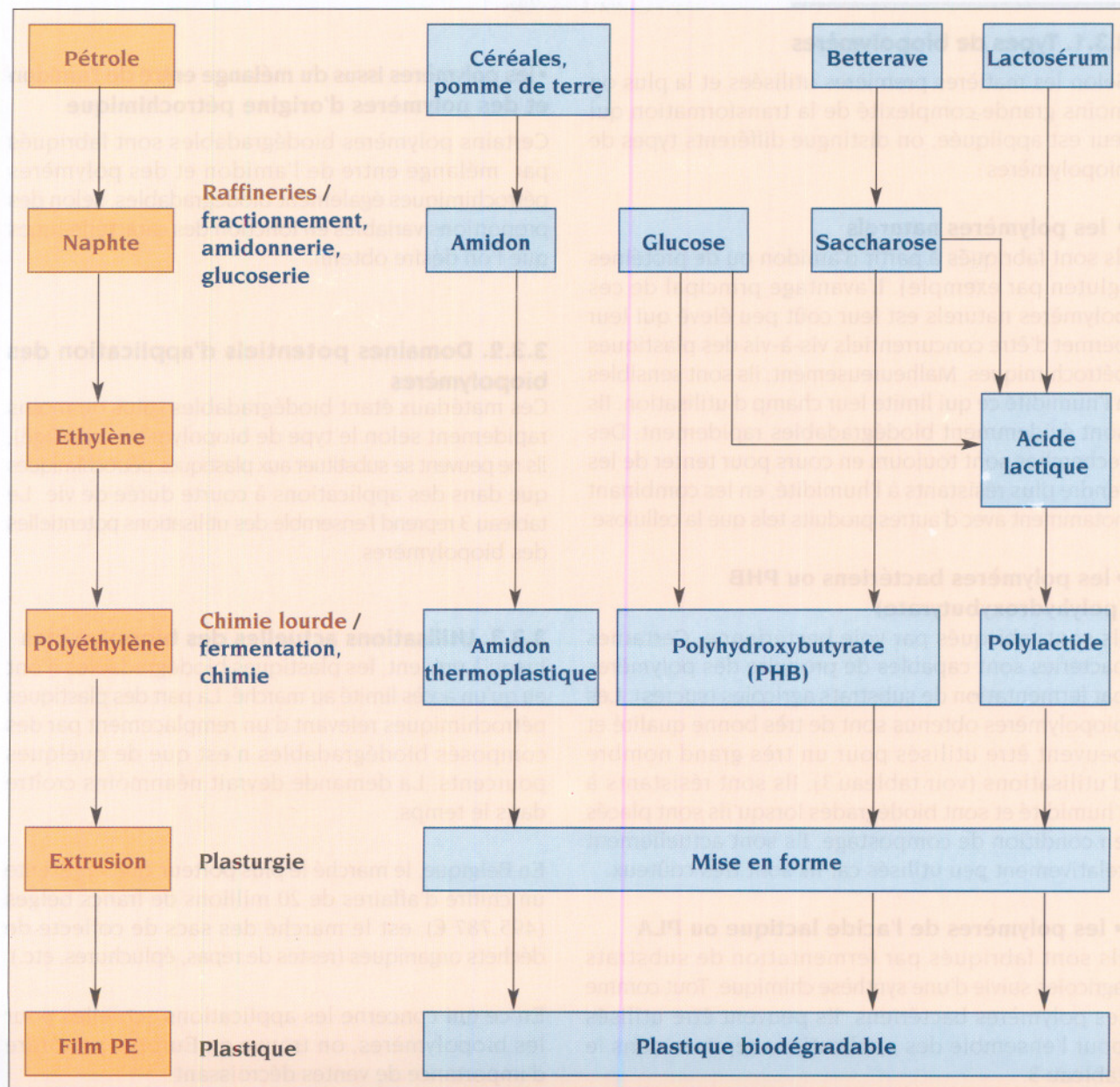
Les déchets issus de plastiques biodégradables peuvent être intégrés dans une filière de compostage de la matière organique. La tendance actuelle en matière de traitement des déchets est à un tri sélectif, y compris des déchets organiques (déchets verts, restes de repas, épluchures, etc.). La récolte des déchets organiques pourrait se faire dans des sacs en plastique biodégradable. L'entièreté du sac (contenant et contenu) peut ensuite être broyée puis compostée.

Tous les objets de courte durée de vie fabriqués en biopolymères pourraient rejoindre cette filière de compostage de la matière organique.

Il est vrai que ces polymères sont plus chers que les plastiques pétrochimiques mais leur coût de valorisation par compostage est nettement moins élevé que celui de l'incinération dans des installations modernes et pourrait compenser en tout ou en partie leur prix d'achat. L'incinération dans de vieilles installations reste moins coûteuse que le compostage mais ces installations polluantes sont condamnées à disparaître dans les années à venir.



Figure 3: filières chimiques et agro-industrielles des plastiques





## 3.3. Les biopolymères

### 3.3.1. Types de biopolymères

Selon les matières premières utilisées et la plus ou moins grande complexité de la transformation qui leur est appliquée, on distingue différents types de biopolymères :

- **les polymères naturels**

Ils sont fabriqués à partir d'amidon ou de protéines (gluten par exemple). L'avantage principal de ces polymères naturels est leur coût peu élevé qui leur permet d'être concurrentiels vis-à-vis des plastiques pétrochimiques. Malheureusement, ils sont sensibles à l'humidité ce qui limite leur champ d'utilisation. Ils sont évidemment biodégradables rapidement. Des recherches sont toujours en cours pour tenter de les rendre plus résistants à l'humidité, en les combinant notamment avec d'autres produits tels que la cellulose.

- **les polymères bactériens ou PHB (polyhydroxybutyrate)**

Ils sont fabriqués par voie bactérienne. Certaines bactéries sont capables de produire des polymères par fermentation de substrats agricoles (sucres). Les biopolymères obtenus sont de très bonne qualité et peuvent être utilisés pour un très grand nombre d'utilisations (voir tableau 3). Ils sont résistants à l'humidité et sont biodégradés lorsqu'ils sont placés en condition de compostage. Ils sont actuellement relativement peu utilisés car ils sont très coûteux.

- **les polymères de l'acide lactique ou PLA**

Ils sont fabriqués par fermentation de substrats agricoles suivie d'une synthèse chimique. Tout comme les polymères bactériens, ils peuvent être utilisés pour l'ensemble des applications reprises dans le tableau 3.

- **les polymères issus du mélange entre de l'amidon et des polymères d'origine pétrochimique**

Certains polymères biodégradables sont fabriqués par mélange entre de l'amidon et des polymères pétrochimiques également biodégradables, selon des proportions variables en fonction des caractéristiques que l'on désire obtenir.

### 3.3.2. Domaines potentiels d'application des biopolymères

Ces matériaux étant biodégradables (plus ou moins rapidement selon le type de biopolymère envisagé), ils ne peuvent se substituer aux plastiques pétrochimiques que dans des applications à courte durée de vie. Le tableau 3 reprend l'ensemble des utilisations potentielles des biopolymères.

### 3.3.3. Utilisations actuelles des biopolymères

Jusqu'à présent, les plastiques biodégradables n'ont eu qu'un accès limité au marché. La part des plastiques pétrochimiques relevant d'un remplacement par des composés biodégradables n'est que de quelques pourcents. La demande devrait néanmoins croître dans le temps.

En Belgique, le marché le plus porteur, qui représente un chiffre d'affaires de 20 millions de francs belges (495.787 €), est le marché des sacs de collecte de déchets organiques (restes de repas, épluchures, etc.).

En ce qui concerne les applications actuelles pour les biopolymères, on trouve en Europe, par ordre d'importance de ventes décroissant :



**Tableau 3:** utilisations potentielles des plastiques biodégradables par ordre décroissant de technicité et de valeur ajoutée, mais par ordre croissant de volume de marché.

Utilisations potentielles des biopolymères
<b>1.Applications chirurgicales</b> colle chirurgicale, fils de suture, prothèse biorésorbable, clou de consolidation osseuse, gants chirurgicaux.
<b>2.Matériaux comestibles</b> emballage alimentaire; gellule ingestible, enrobage de médicaments, de semences.
<b>3.Emballages alimentaires ou produits d'hygiène personnelle</b> assiette, couverts, barquette, boîte et paille; filtre à café; emballage médical; applicateur de tampon hygiénique, couche-culotte, protections féminines (emballage et produit en lui-même), coton-tiges; housse funéraire.
<b>4.Objets ou emballages à usage unique ou de courte durée de vie</b> emballage pour cosmétiques, détergents, lubrifiants; encollage des papiers; filet de pêche; socle utilisé pour poser la balle de golf (tee); gant vétérinaire, gant de vaisselle; cartouche de chasse; stylo, bic; coussin gonflable; fenêtre pour enveloppe, boîte en carton.
<b>5.Objets à usage agricole ou horticole et emballages</b> paillages agricole et horticole; sacs divers (poubelle, sortie de caisse, engrais); pot pour pépiniériste; conditionnement pour produits phytosanitaires.



# biopolymères

a) des produits de calage appelés communément "chips"

Ils sont généralement fabriqués à partir d'amidon. Cette catégorie représente 30 à 40 % des quantités de biopolymères utilisées.

Ils sont très répandus en Allemagne et aux Etats-Unis. Ces chips en biopolymères sont utilisés en remplacement des chips frigolite (polystyrène expansé) ;



©Novamont (Mater-Bi)



© Novamont (Mater-Bi)

b) des sacs poubelles biodégradables et compostables  
Ces sacs poubelles sont utilisés pour la récolte des déchets verts et biologiques destinés ensuite à être compostés.

Ces sacs peuvent être broyés et compostés conjointement aux matières organiques ;

c) des housses funéraires

Les housses funéraires occupent une certaine part de marché dans les ventes de biopolymères.

En France, leur utilisation se développe suite à des recommandations faites aux maisons funéraires ;

d) des produits utilisés dans le domaine médical

Les polylactides ou PLA sont déjà utilisés en médecine, dans la fabrication de vis pour réparer les bras cassés (à la place de vis en titane) et également pour la fabrication de fils de suture solubles car ils présentent la particularité d'être biorésorbables.

## 3.3.4. Utilisations des biopolymères en agriculture

En Europe, les activités agricoles consomment 4 % du total des matières plastiques utilisées. Les principaux plastiques utilisés sont :

- le polyéthylène (PE), le polyéthylène basse densité (PEBD) et le polyéthylène linéaire.  
On les utilise pour la fabrication de films divers, filets, bâches, tuyaux, fûts et bidons pour produits phytosanitaires;
- le PVC. Il est utilisé dans les travaux de drainage, d'irrigation, pour la fabrication de bâches ou encore de plaques pour la couverture de serre;
- le polypropylène (PP) est utilisé pour la confection de sacs tissés, de liens pour ballots ou de ficelles.

Les biopolymères les plus performants tels que le PHB ou les PLA pourraient être utilisés pour certaines applications en agriculture :

- paillages agricoles et horticoles;
- films divers (enrubannage des balles de préfanés);
- pots pour l'horticulture;
- liens pour ballots.



© France Agricole

On ne peut cependant pas utiliser ces biomatériaux dans des applications où les matières plastiques doivent résister pendant de longues périodes et en conditions extérieures (bâches de silos, par exemple). Après utilisation, les déchets de biopolymères peuvent aisément être compostés.

Les biopolymères sont actuellement assez peu répandus en agriculture mais les utilisations agricoles représentent 6 % du total de l'utilisation des biopolymères en Europe.



## 3.3.5. Prix d'achat des biopolymères

Le tableau 4 donne une idée de prix pour les grandes catégories de biopolymères évoquées au point 3.3.1.

**Tableau 4: comparaison du prix des biopolymères et des plastiques pétrochimiques**

Biopolymères	Plastiques pétrochimiques
Polymères naturels (amidon, protéines) : ± 20 F. (0,5 €/kg)	PEBD: ± 30 F.(0,74 €/kg)
PLA: ± 220 F.(5,45 €/kg)	PVC: ± 30 F.(0,74 €/kg)
PHB: ± 500 F.(12,39 €/kg)	PP: ± 50 F.(1,24 €/kg)
Mater-bi: ± 160 F.(3,97 €/kg)	

Les plastiques les plus performants et totalement biodégradables tels que le PHB sont très nettement plus chers: un prix 10 à 20 fois plus élevé que celui des plastiques classiques dont les prix démarrent à moins de 30 F.(0,74 €/kg).

Les polymères naturels sont les seuls à être concurrentiels vis-à-vis des plastiques pétrochimiques mais leurs propriétés fonctionnelles restreignent fortement leurs possibilités d'utilisation.

Les entreprises productrices de PLA cherchent actuellement un moyen de réduire son prix à environ 70 F. (1,74 €) /kilo pour lui permettre de devenir concurrentiel avec certains plastiques pétrochimiques (PET ou polyéthylène téréphtalate). S'ils parviennent à atteindre un tel niveau

de prix, le marché mondial pour les PLA pourrait représenter 750.000 tonnes (5 % du marché pour le PET), soit un chiffre d'affaires de 52,5 milliards de francs belges (1.299.537.117 €), permettant la culture de 300.000 ha de blé, pour un montant d'environ 2 milliards de francs belges(49.578.705 €).

## 3.3.6. Opportunités pour l'agriculture

Les biopolymères représentent sans aucun doute une possibilité intéressante de nouveaux débouchés pour les produits agricoles. Encore faut-il que l'utilisation de ces matériaux se développe, ce qui paraît probable à moyen terme compte tenu du problème engendré par les déchets plastiques.



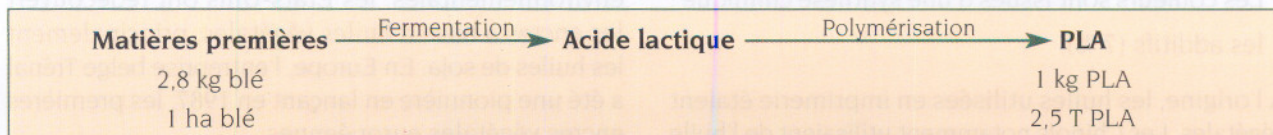
© France Agricole

Les cultures concernées par la fabrication des biopolymères sont :

- les plantes amylacées qui comprennent notamment les céréales (froment, maïs, seigle) et les pommes de terre ;
- les plantes sucrières comme la betterave ;
- les sous-produits de l'industrie laitière (lactosérum).

Si on prend l'exemple des PLA (figure 4), 100 tonnes de PLA absorberont la production de 40 hectares de blé, 25 ha de maïs ou 17 ha de betteraves.

**Figure 4 : nature et quantités de matières premières utilisées pour la fabrication du PLA**





# 4. Les encres d'imprimerie

## 4.1. Introduction

L'encre d'imprimerie se compose de quatre éléments de base :

- les huiles. Elles représentent le composant principal (50 %). Elles sont minérales (dérivées du pétrole) ou végétales (soja, tournesol, colza, lin). Contrairement au pétrole, les huiles végétales sont des matières premières renouvelables ;
- les vernis (20 %). Il s'agit d'un mélange d'huile (végétale ou minérale) et de résine (de sapin surtout). Les vernis ont pour fonction de retenir les pigments prisonniers dans le mélange ;
- les pigments (23 %). Ce sont eux qui donnent la couleur de l'encre. Le noir est obtenu avec le carbon black (suie récupérée dans les raffineries de pétrole). Les couleurs sont issues d'une synthèse chimique ;
- les additifs (7 %).

A l'origine, les huiles utilisées en imprimerie étaient végétales. Les Chinois notamment utilisaient de l'huile

de bois. Les imprimeurs n'ont délaissé les huiles végétales qu'à la suite de la Seconde Guerre mondiale, pour leur préférer les produits dérivés du pétrole qui, à l'époque, semblait couler à flots pour l'éternité et pour un prix très faible. Mais, en 1973, suite au choc pétrolier, on a assisté à une flambée du prix des huiles minérales et, par là-même, à celui des encres d'imprimerie, d'où la nécessité de rechercher des produits de substitution naturels et renouvelables. On assiste alors à un retour de l'utilisation des huiles végétales.

Le premier choc pétrolier passé, le prix des huiles minérales a chuté et toutes les formules à base d'huiles végétales ont à nouveau été abandonnées.

Au milieu des années '80, suite à des préoccupations environnementales, les Etats-Unis ont redécouvert les encres à base d'huiles végétales, principalement les huiles de soja. En Europe, l'entreprise belge Trénal a été une pionnière en lançant en 1987, les premières encres végétales européennes.



### 4.2. Santé, environnement et couche d'ozone

Les encres minérales renferment un pourcentage important d'huiles minérales aromatiques. Ces huiles sont toxiques aussi bien pour l'homme que pour l'environnement. Elles sont responsables de la libération de composés organiques volatils (COV) et de composés polycycliques aromatiques (PCA). Les COV contribuent notamment à la destruction de la couche d'ozone.

Une directive européenne sera rédigée prochainement pour limiter les émissions de COV. Elle sera applicable en 2004 pour les nouvelles installations et en 2007 pour les installations existantes.

Outre la présence d'éléments toxiques, les encres à base d'huiles minérales ne sont que faiblement et lentement biodégradables.

Les encres d'imprimerie à base d'huiles végétales contiennent une quantité négligeable de COV et pas de PCA. Elles sont par conséquent préférables d'un

point de vue écologique. Ces encres sont également biodégradables, sauf en ce qui concerne les pigments et autres additifs qui restent inchangés par rapport aux encres minérales.

#### **Les produits de nettoyage du matériel d'imprimerie**

L'emploi des solvants dans les imprimeries offset est considéré comme le problème majeur en ce qui concerne la santé et l'environnement. Des expériences ont prouvé que 60 à 90 % de ces solvants aboutissent dans les poumons et/ou la peau des utilisateurs.

La base de ces produits de nettoyage est constituée d'hydrocarbures. Parmi ceux-ci, les hydrocarbures aromatiques sont ceux qui possèdent la plus haute puissance de nettoyage mais ils sont également les plus toxiques.

Les huiles végétales servent à la fabrication de produits de nettoyage moins nocifs pour les utilisateurs.

### 4.3. Performances des encres végétales

Les encres à base d'huiles végétales incarnent l'exemple le mieux réussi pour un produit issu de ressources renouvelables. Tous les quotidiens belges ont adopté les encres couleurs et plus de 80 % d'entre eux, les encres noires. Seul un produit présentant des propriétés comparables voire supérieures aux encres minérales pouvait réussir à conquérir de telles parts de marché. Ce succès s'explique très facilement.

En effet, les encres végétales offrent de nombreux avantages :

#### **pour les lecteurs**

- une meilleure résistance au frottement qui évite aux lecteurs de se salir les doigts ;

- une disparition de l'odeur désagréable de pétrole;

#### **pour les imprimeurs**

- un noir plus profond, des couleurs plus vives ;
- moins de gâche de papier grâce à un réglage rapide de l'encrage ;
- pas de dry-back (les reproductions gardent leur haute définition au fil du temps) ;
- une consommation réduite: 5 à 10% en moins qu'une encre minérale.



### 4.4. Prix des encres à base d'huiles végétales

Les encres végétales couleurs sont 2 à 10 % plus chères que les encres normales à base d'huiles minérales. Les encres noires par contre, sont environ 20 % plus chères que leurs homologues d'origine minérale.

Cette différence de prix est cependant largement compensée par les excellentes performances des encres végétales, ainsi que par leur impact réduit sur l'environnement et la santé des utilisateurs.

### 4.5. Opportunités pour l'agriculture

Actuellement moins de 0.3 % de la production mondiale des huiles végétales sont utilisés pour la fabrication d'encres d'imprimerie.

Si toutes les encres susceptibles d'être fabriquées à base d'huiles végétales l'étaient, on utiliserait toujours moins de 1 % de la capacité mondiale en huiles végétales.

Les encres végétales représentent un débouché intéressant pour les espèces oléagineuses puisqu'elles renferment au moins 50 % d'huiles végétales.



© Trénal

© Trénal



## 5. Les peintures

### 5.1. Introduction

Une peinture, qu'elle soit de nature pétrochimique ou d'origine naturelle, se compose de quatre éléments majeurs : les liants (résines), les solvants ou diluants, les pigments et les additifs (fongicides, conservateurs, etc.).

Il n'existe pas de définition précise des peintures naturelles. Certaines sont totalement exemptes de produits pétrochimiques, d'autres, par contre, font quelques concessions sur le côté dit naturel et fabriquent des produits renfermant encore un certain pourcentage de dérivés pétrochimiques (liants acryliques, polyvinylacétates, etc.) qui peuvent représenter jusque 5 % du total du produit.

Les peintures naturelles représentent une des possibilités de valorisation des produits agricoles dans une application dite de "chimie végétale". En effet, ces

produits sont fabriqués presque exclusivement à partir de produits dérivés de végétaux : huiles végétales diverses, résines naturelles, huiles essentielles, etc.

Dans ce cas, les termes "Chimie végétale" doivent être étendus. En effet, dans ces produits interviennent également des produits animaux (cire d'abeille, caséine du lait) et minéraux (pigments majoritairement).

Les peintures naturelles sont destinées aussi bien aux professionnels (peintres en bâtiments, ébénistes, luthiers, fabricants d'objets en bois, etc.) qu'au grand public. Ces produits sont actuellement méconnus, sauf par une niche de la population spécialement sensible aux problèmes d'environnement et de santé. Dans notre pays, la demande est encore marginale. Nous sommes loin derrière des pays comme l'Allemagne, la Hollande, la Suisse ou même l'Italie.



### 5.2. Les peintures : environnement et santé

Ce secteur industriel utilise encore beaucoup de solvants organiques, source importante de composés organiques volatils (COV) dont la concentration dans l'air dépasse le seuil d'alerte à certains endroits.

Les Ministres de l'Environnement des Quinze se sont mis d'accord sur une directive qui va limiter drastiquement les émissions de COV dans les installations de production, d'utilisation ou de stockage de produits solvants.

La chasse aux COV est ouverte pour deux raisons majeures :

- leur contribution à la dégradation de l'ozone troposphérique (trou dans la couche d'ozone) ;
- leurs effets néfastes pour l'homme (effets carcinogènes, mutagènes, repro-toxiques).

En ce qui concerne les impacts sur la santé des peintures classiques à base de solvants organiques, une exposition prolongée peut causer le SPO (syndrome psycho-organique). Cette affection regroupe différents symptômes (irritation cutanée, nervosité, troubles sanguins, nausées) ; il ne s'agit donc pas d'une maladie clairement définissable.

Suite aux problèmes d'environnement et de santé causés par les peintures à base de solvants organiques, des peintures à l'eau sont apparues. Les quantités de solvants organiques présentes sont évidemment réduites mais cet avantage cache la plupart du temps d'autres inconvénients. Ces peintures sont en effet plus sensibles aux microorganismes et renferment

notamment des conservateurs chimiques qui peuvent être nuisibles à l'environnement et la santé.

Une autre voie pour tenter de réduire les teneurs en solvants consiste à utiliser des diluants. C'est la voie suivie par les peintures naturelles. Un diluant fait à la fois office "de solvant et de résine". En effet, comme un solvant, il réduit la viscosité de la peinture permettant une application par les méthodes traditionnelles (brosse, rouleau, spray). Mais, au lieu de s'évaporer de la peinture comme le fait un solvant, le diluant sèche en s'oxydant et fait alors partie du film recouvrant la surface peinte.

L'huile de lin est utilisée en tant que diluant dans les peintures naturelles. En séchant, elle s'oxyde en formant une sorte de film plastique. La réactivité de l'huile de lin peut être améliorée en la pré-oxydant par une exposition à l'air. La présence de solvants est cependant encore nécessaire pour donner au film les qualités requises, ce qui ne permet pas de réduire à zéro les émissions de COV. En effet, un des inconvénients de l'huile de lin est sa tendance à donner des films de peintures plus "mous". Une fois le film formé, les peintures contenant de l'huile de lin sèchent plus lentement.

Les peintures naturelles renferment donc également des solvants sources de COV (essence de térébenthine par exemple) mais en quantité moins importante que les peintures classiques, grâce à l'utilisation de l'huile de lin.



### 5.3. Matières premières utilisées pour la fabrication des peintures naturelles

#### Matières d'origine végétale :

- résines naturelles (résine de mélèze, mastic, résine de pin) ;
- huiles végétales (huile de lin, huile de carthame, lécithine de soja) ;
- alcool et huiles essentielles (alcool végétal dénaturé, essence de térébenthine, essence d'écorces d'agrumes) ;
- pigments colorants végétaux (indigo, garance) ;
- agents tensioactifs végétaux: extraits végétaux ayant des propriétés insectifuges et ne permettant pas le développement des champignons (genièvre, huile essentielle de pin arolle, huile essentielle de romarin).

#### Matières d'origine animale :

- cires d'abeille, gomme-laque, caséine (émulsifiant-liant), carmin (colorant) (teinture rouge écarlate).

#### Matières minérales :

- agrégats minéraux partiellement transformés (blanc de titane, sel de bore, bleu outremer) ;
- matières minérales non transformées (talc, ocre, diatomées).

### 5.4. Opportunités pour l'agriculture

La fabrication des peintures naturelles nécessite l'intervention d'un grand nombre de matières végétales et animales, dont certaines pourraient être produites en Belgique. L'huile de lin est une des matières la mieux représentée dans les peintures naturelles (jusque 80 % dans certaines applications). La culture du lin est possible dans notre pays bien que certains progrès soient encore nécessaires (variétés, culture).

Une autre voie plus originale est la culture de plantes dont on peut extraire des teintures. Ces teintures naturelles sont actuellement recherchées par certains fabricants de peintures. En effet, dans un monde à nouveau tourné vers la nature et les produits naturels, les anciennes teintures et la culture des plantes permettant de les obtenir pourraient reparaître dans

notre environnement. D'autant que les teintures artificielles sont fabriquées à partir d'aniline, produit toxique, facteur exogène dans l'apparition de certains cancers.



© Auro

En France, par exemple, une entreprise agricole consacre actuellement 7 ha de sa production à la culture du pastel, plante crucifère dont les feuilles et les tiges contiennent un principe colorant bleu.



### 5.5. Performances des peintures naturelles

Bien qu'elles aient les mêmes objectifs de protection et d'embellissement des matériaux, les peintures classiques et naturelles sont cependant assez différentes en ce qui concerne leurs propriétés et leurs modes d'utilisation.

Les avis sont de plus très partagés sur les performances des peintures naturelles, selon qu'on se réfère aux fabricants de peintures classiques (dérivés du pétrole) ou naturelles. Il manque actuellement d'informations objectives sur les performances de ces peintures issues de ressources renouvelables.

Il semble cependant que les peintures naturelles ne s'appliquent pas de la même façon que les peintures classiques.

Elles sèchent plus lentement que les peintures traditionnelles, il est donc nécessaire d'attendre plus longtemps avant d'appliquer une deuxième couche. Afin d'obtenir de bons résultats, l'utilisateur devra recevoir une information complète sur la façon d'appliquer ces produits.



© Auro





## 6.2. Tensioactifs issus de ressources renouvelables

rapidement dans les cours d'eau et son impact est dès lors très faible. Il présente cependant un inconvénient qui a limité sa présence dans les lessives actuelles. Les eaux de ville, généralement dures (riches en calcaire), favorisent la formation de "savon calcaire" qui atténue l'action de lavage.

• Les APG (alkylpolyglucosides), tensioactifs dérivés d'amidon et de matières grasses végétales Les alkylpolyglucosides ou APG sont des composés 100% naturels. En effet, les parties lipophiles et hydrophiles sont toutes les deux d'origine végétale. Ils ont un très faible potentiel d'irritation cutanée et une très bonne biodégradabilité.

L'Europe consomme annuellement environ 2 000 000 de tonnes de tensioactifs. Le développement des matières pour les tensioactifs issus de produits agricoles

## 6. Les tensioactifs

### 6.1. Introduction

Les tensioactifs sont des substances intervenant dans la fabrication d'un grand nombre de produits de la vie quotidienne: produits de lessive, détergents vaisselles, produits de nettoyage, produits d'hygiène corporelle, cosmétiques, etc. Les propriétés des tensioactifs sont adaptées en fonction de ces différentes utilisations (propriétés lavantes, moussantes, mouillantes, émulsifiantes, etc.).

La plupart des tensioactifs utilisés actuellement proviennent de l'industrie pétrochimique. Cependant, depuis de nombreuses années, l'industrie de la détergence est confrontée à des pressions de type écologique qui l'ont motivée dans la mise au point de produits plus respectueux de l'environnement.

Les tensioactifs ont pour rôle de détacher les matières grasses et de les garder en suspension dans l'eau afin qu'elles puissent être facilement éliminées. Ils sont composés de deux parties :

- une partie lipophile (lipide d'origine pétrochimique végétale ou animale) ;
- une partie hydrophile (principalement aujourd'hui d'origine pétrolière).

Ces tensioactifs, qu'ils soient naturels ou synthétiques, restent plus ou moins toxiques pour la vie aquatique. En fait, ils agissent sur la peau des poissons qui perd progressivement son rôle protecteur, détruisent les œufs, agissent sur les échanges gazeux et déciment les insectes d'eau. Néanmoins, l'efficacité des poudres à lessiver dépend de ces tensioactifs. Il n'est donc pas possible de les éliminer des formulations. La solution se trouve dès lors dans leur pourcentage et leur vitesse de dégradation. Les tensioactifs issus de ressources végétales se dégradent en plus ou moins 3 jours, ceux provenant de l'industrie pétrochimique nécessitent un délai beaucoup plus long et peuvent même être toxiques.

La chimie végétale permet de fabriquer des tensioactifs à partir de produits agricoles (sucre, amidon, huiles végétales). Le caractère naturel de ces matières en a fait des ingrédients de choix pour la fabrication de produits cosmétiques et d'hygiène corporelle. Bien que représentant une valeur ajoutée importante, ces domaines d'activité ne peuvent avoir qu'un impact sensible en terme de tonnages sur les utilisations non alimentaires des ressources agricoles. Par contre, les lessives pourraient représenter des volumes intéressants pour de nouveaux débouchés aux produits agricoles.



### 6.2. Tensioactifs issus de ressources renouvelables

Les tensioactifs ont pour rôle de détacher les matières grasses et de les garder en suspension dans l'eau afin qu'elles puissent être facilement éliminées. Ils sont composés de deux parties :

- une partie lipophile (lipide d'origine pétrochimique, végétale ou animale);
- une partie hydrophile (principalement aujourd'hui d'origine pétrolière).

Ces tensioactifs, qu'ils soient naturels ou synthétiques restent plus ou moins toxiques pour la vie aquatique. En fait, ils agissent sur la peau des poissons qui perd progressivement son rôle protecteur, détruisent les œufs, agissent sur les échanges gazeux et déciment les insectes d'eau. Néanmoins, l'efficacité des poudres à lessiver dépend de ces tensioactifs. Il n'est donc pas possible de les éliminer des formulations. La solution se trouve dès lors dans leur pourcentage et leur vitesse de dégradation. Les tensioactifs issus de ressources végétales se dégradent en plus ou moins 5 jours, ceux provenant de l'industrie pétrochimique nécessitent un délai beaucoup plus long et peuvent jouer sur la toxicité d'autres produits polluants.

Des exemples de tensioactifs moins agressifs pour l'environnement peuvent être obtenus à partir de matières premières renouvelables : amidon, sucre, sous-produits de l'industrie de la betterave, huiles végétales diverses (huile de palme, huile de lin, huile de colza, etc.).

- **Les produits détergents dérivés des matières grasses naturelles**

Le savon est l'une des plus anciennes substances de lavage actives. Il est fabriqué par réaction entre des matières grasses naturelles (huile de lin, huile d'olive, etc.) et des substances alcalines. Le savon se dégrade

rapidement dans les cours d'eau et son impact est dès lors très faible. Il présente cependant un inconvénient qui a limité sa présence dans les lessives actuelles. Les eaux de ville, généralement dures (riches en calcaire), favorisent la formation de "savon calcaire" qui atténue l'action de lavage.

- **Les APG (alkylpolyglucosides), tensioactifs dérivés d'amidon et de matières grasses végétales**

Les alkylpolyglucosides ou APG sont des composants 100 % naturels. En effet, les parties lipophiles et hydrophiles sont toutes les deux d'origine végétale. Ils ont un très faible potentiel d'irritation cutanée et une très bonne biodégradabilité.

L'Europe consomme annuellement environ 2.000.000 de tonnes de tensioactifs. Le développement des marchés pour les tensioactifs issus de produits agricoles pourrait ouvrir de belles opportunités pour l'agriculture, notamment pour les céréales et les espèces oléagineuses.

© Vandeputte





## Bibliographie

ACADEMIE DES SCIENCES, "Conseil pour les applications de l'Académie des Sciences. Valorisation non alimentaires et non énergétiques des produits agricoles". Rapport commun n° 10, juin 1998.

AURO, documents sur les peintures naturelles.

CECCALDI P., "Des lubrifiants respectueux de l'environnement", Biofutur, septembre 1995.

DESMARESCAUX P., "Situation et perspectives de développement des productions agricoles à usage non alimentaire", CETIOM, décembre 1998.

ECOVER, "Conseils pour un lavage écologique, vers un impact minimal sur l'environnement".

GALACTIC, documents d'informations sur le PLA.

INRA, "Valorisations non-alimentaires des grandes productions agricoles", J. Gueguen (éditeur), Nantes (France), 18-19 mai 1994, Collection "Les Colloques", Inra Editions.

LEGRAND J., "Application des huiles naturelles et de leurs dérivés dans la formulation de lubrifiants et de solvants", Fina Research.

MONSANTO, documents d'informations sur le Biopol.

NOVAMONT, documents d'information sur le Mater-Bi.

"Tréna News". 8<sup>e</sup> année, n°25.

TRENAL, documents publicitaires sur les encres végétales.



GALACTIC, documents d'informations sur le P.L.A.  
 ECOVER, "Conseils pour un lavage écologique, vers un impact minimal sur l'environnement".  
 DESMARESCAUX-P., "Situation et perspectives de développement des productions agricoles à usage non alimentaire", CETIOM, décembre 1998.

CECCALDI P., "Des lubrifiants respectueux de l'environnement", Biolutec, septembre 1997.  
 DESMARESCAUX-P., "Situation et perspectives de développement des productions agricoles à usage non alimentaire", CETIOM, décembre 1998.

AURO, documents sur les peintures naturelles.  
 CECCALDI P., "Des lubrifiants respectueux de l'environnement", Biolutec, septembre 1997.

ACADEMIE DES SCIENCES, "Conseil pour les applications de l'Académie des Sciences. Valeurs non alimentaires et non énergétiques des produits agricoles", Rapport commun n° 10, juin 1998.

LEGRAND J., "Application des huiles naturelles et de leurs dérivés dans la formulation de lubrifiants et de solvants", Fina Research.

MONSANTO, documents d'informations sur le Bicol.

NOVAMONT, documents d'information sur le Mater-Bi.

Trial News, 8<sup>e</sup> année, n°25.

TRENAL, documents publiés sur les encres végétales.

INRA, "Valorisations non-alimentaires des grandes productions agricoles", I. Quéguen (éditeur), Nantes (France), 18-19 mai 1994, Collection "Les Colloques", Inra Éditions.

## Bibliographie



### **PROJET CHIMIE VÉGÉTALE**

UER D'ECONOMIE ET DE DÉVELOPPEMENT RURAL  
FACULTÉ UNIVERSITAIRE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DE GEMBOUX  
2, PASSAGE DES DÉPORTÉS  
5030 GEMBOUX  
CONTACT : SYLVIE NANGNIOT  
T. : 081 / 62.23.71  
F. : 081 / 61.59.65  
e-mail : econet@fsagx.ac.be

### **BELGIAN BIOMASS ASSOCIATION, BELBIOM**

CRA, DÉPARTEMENT GÉNIE RURAL  
146, CHAUSSÉE DE NAMUR  
5030 GEMBOUX  
CONTACT : YVES SCHENKEL  
T. : 081 / 61.25.01  
F. : 081 / 61.58.47  
e-mail : belbiom@cragx.fgov.be

### **AGENCE POUR LA VALORISATION NON ALIMENTAIRE DES PRODUCTIONS AGRICOLES, VALONAL**

UER D'HYDRAULIQUE ET DE TOPOGRAPHIE  
FACULTÉ UNIVERSITAIRE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DE GEMBOUX  
2, PASSAGE DES DÉPORTÉS  
5030 GEMBOUX  
CONTACT : MARIE-HÉLÈNE NOVAK  
T. : 081 / 62.23.50  
F. : 081 / 62.23.16  
e-mail : valonal@fsagx.ac.be

### **MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AGRICULTURE DIRECTION DU DÉVELOPPEMENT AGRICOLE**

7, AVENUE PRINCE DE LIÈGE  
5100 JAMBES  
CONTACT : JOSIANNE FERON  
T. : 081 / 33.53.34  
F. : 081 / 33.53.33  
e-mail : j.feron@mrw.wallonie.be





Editeur responsable : Jacques Reginster

Direction générale de l'Agriculture  
Avenue Prince de Liège 7  
5100 Jambes

Dépôt légal D/2000/7677/2



Publication gratuite