

N° 3345

ASSEMBLÉE NATIONALE

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

DIXIÈME LÉGISLATURE

Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale
le 20 février 1997

N° 223

SÉNAT

SESSION ORDINAIRE DE 1996-1997

Annexé au procès-verbal de la séance
du 20 février 1997

**OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

RAPPORT

sur

**LES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT
DES PRODUCTIONS AGRICOLES À USAGE NON ALIMENTAIRE**

par

M. Robert GALLEY,
Député

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale
par M. Robert GALLEY,
Président de l'Office.

Déposé sur le Bureau du Sénat
par M. Henri REVOL,
Vice-Président de l'Office.

Agriculture.

SOMMAIRE

	Page
Introduction	3
1 - L'agriculture est une source de matières premières	5
A - La production de matières carbonées	5
B - La production de matières premières industrielles et énergétiques	8
2 - La difficile situation de l'agriculture	15
A - Un secteur en crise	15
B - La nouvelle politique agricole commune	21
C - Le problème du gel des terres	22
3 - Une production à but non alimentaire bien développée : la filière amidon	31
A - Les caractéristiques et la fabrication de l'amidon	31
B - L'utilisation non alimentaire de l'amidon	34
C - La réglementation "amidon"	40
4 - Des espoirs : la production de biocarburants	43
A - Quelques remarques liminaires	43
B - L'élaboration de ces biocarburants	44
C - Les caractéristiques de ces carburants	48
D - Les différentes actions entreprises dans ce domaine	51
E - Les coûts des biocarburants	58
F - Les biocarburants et l'environnement	65
5 - Des domaines de développement possibles	69
A - Les corps gras	69
B - La fabrication de détergents et de cosmétiques	74
C - Les plantes à fibres	76
D - Le problème des biopolymères	82

6 - L'exploitation de l'énergie de la biomasse solide.....	85
A - Les utilisations de cette énergie.....	85
B - Les combustibles.....	86
C - Les technologies de combustion de la biomasse.....	87
D - Les expériences étrangères d'utilisation énergétique de la biomasse....	89
E - Les actions conduites en France.....	90
7 - Les productions agricoles à but non alimentaire peuvent-elles se développer ?	95
A - Une situation actuelle difficile.....	95
B - Un espoir : les biotechnologies	103
C - Quelle recherche mener dans ce domaine ?	106
D - Préparer le long terme.....	123
Conclusion	127
Recommandations	131
Examen du rapport par l'Office	133
Personnalités auditionnées	135
Texte de la saisine.....	137

Depuis quelques années l'agriculture traverse une période très difficile. Celle-ci est symbolisée par l'obligation entraînée par la nouvelle politique agricole commune de retirer des terres de la production et de les geler sous forme de jachère.

Je pense qu'il n'est pas exagéré de dire que cette orientation a entraîné un véritable traumatisme dans la mesure où la mission des agriculteurs a toujours été de nourrir la société. Pour cela ils n'ont eu de cesse de chercher à augmenter les surfaces cultivées en luttant contre la nature qui ne s'est jamais laissée domestiquer sans résistance.

Mais, pour son plus grand malheur, l'agriculture des pays développés a trop bien réussi ! En effet, surtout depuis environ vingt-cinq ans, les rendements et la productivité de l'agriculture ont littéralement explosé. Ces performances ont conduit à des productions extrêmement abondantes. La difficulté est que la consommation de produits agricoles sous forme de nourriture humaine a très fortement évolué. Elle n'a pas, en tous les cas, progressé aussi rapidement que les productions et une situation de déséquilibre s'est installée de façon apparemment durable. La situation a donc abouti à des surproductions.

Alors les agriculteurs se sont mis en quête de nouveaux débouchés. L'attention s'est de nouveau portée sur les débouchés non alimentaires. Produire des biens non destinés à la consommation humaine ou animale n'est pas pour l'agriculture chose nouvelle. Avant l'irruption des matières fossiles comme le charbon et surtout le pétrole, l'agriculture était, comme nous le rappellerons dans ce rapport, le fournisseur d'innombrables matières premières à usage industriel. Il en était ainsi par exemple pour les textiles et les matières colorantes. De même la production de carburants à partir de la matière vivante était déjà envisagée au début de ce siècle. C'était en effet à une période où l'extraction pétrolière n'avait pas atteint les performances qui seront les siennes plus tard et où l'on craignait des pénuries de carburant fossile.

La saisine initiale de la Commission de la production et des échanges de l'Assemblée nationale portait précisément sur ces biocarburants. Il était demandé à l'Office d'étudier "les problèmes technologiques et économiques concernant l'usage des biocarburants".

L'intitulé de cette saisine avait naturellement très fortement motivé le sénateur Jacques Mossion. Nous avons ainsi été désignés tous deux comme co-rapporteurs. Elu de la Somme, il était passionné par ce sujet qu'il connaissait déjà

très bien. Il a donc pris, malgré la maladie, une part très importante dans l'élaboration de l'étude de faisabilité et dans les premières auditions effectuées dans le cadre de la préparation du rapport. Qu'il me soit permis ici de saluer sa mémoire.

Mais une difficulté importante s'est présentée à nous. En effet, à la même époque, un rapport très complet avait été rédigé par M. Raymond Lévy sur les biocarburants. Celui-ci avait réuni à cette fin un nombre très important d'experts de haut niveau et ce rapport avait d'emblée fait autorité en la matière.

Il a donc paru nécessaire, au terme de l'étude de faisabilité, de proposer à la Commission de la production et des échanges de dépasser le problème des biocarburants. Il nous a donc semblé intéressant de proposer d'élargir le sujet aux "perspectives de développement des productions agricoles à usage non alimentaire" dans la mesure où, en fait, c'est un problème général de débouchés qui se pose à notre agriculture.

Malheureusement, la maladie de M. Jacques Mossion ainsi que la survenance d'événements politiques nationaux de très grande importance ces dernières années ont très sensiblement retardé la réalisation de ce rapport. De plus, pour les mêmes raisons, les missions et auditions qui avaient été prévues n'ont pu être toutes effectuées. Ce délai a par contre permis de relativiser un certain nombre d'évolutions. Ce rapport a également pu ainsi être rédigé complètement en dehors de la période de très vive émotion causée initialement par la mise en place de la nouvelle politique agricole commune instituant le gel des terres.

Dans le cadre de ce rapport, il a d'abord semblé nécessaire de rappeler que l'agriculture est une source de matières premières avant de faire le point de façon assez détaillée sur la crise que connaît ce secteur.

Des secteurs de production non alimentaire sont en fait déjà développés, c'est le cas de la filière "amidon" et d'autres, comme les biocarburants, peuvent représenter des espoirs. Au-delà, il existe un certain nombre de domaines de développement possibles alors que l'exploitation plus intensive de l'énergie de la biomasse solide est à terme elle aussi envisageable.

Enfin il a été indispensable de poser la question de savoir, en faisant le bilan des obstacles et des espoirs reposant notamment sur la recherche, si ces productions à but non alimentaire peuvent réellement se développer.

1 - L'agriculture est une source de matières premières

A - La production de matières carbonées

Les plantes sont à la base de l'existence des êtres humains car elles assurent trois fonctions parfaitement irremplaçables : elles sont au commencement de la vie et elles créent les conditions de la survie humaine, l'agriculture ayant considérablement développé les techniques de culture de ces plantes au cours des âges.

a - La plante est au commencement de la vie

La vie végétale possède une immense et décisive supériorité sur la vie animale en ce qu'elle possède le pouvoir de synthétiser les molécules constitutives d'un organisme vivant.

En effet, les animaux ne peuvent réaliser la synthèse ni des hydrocarbures, lipides, glucides, ni des aminoacides, ni des vitamines. Ils sont dès lors contraints de prélever ces indispensables substances à tout métabolisme chez un végétal ou un autre animal.

Une autre différence fondamentale est que les animaux absorbent généralement une nourriture solide tandis que les végétaux assimilent des aliments gazeux ou dissous. Cette faculté leur est donnée par le fonctionnement de la photosynthèse ou synthèse réalisée à l'aide de l'énergie lumineuse.

Bien que ce terme soit générique, il est d'usage de le réserver à la capacité des végétaux chlorophylliens à assimiler avec la lumière, le dioxyde de carbone (CO_2), ou gaz carbonique, pour former des substances organiques, des hydrates de carbone. Cette réaction était appelée autrefois "assimilation chlorophyllienne".

La photosynthèse comprend donc l'utilisation de l'énergie lumineuse pour la réduction du dioxyde de carbone par l'eau, donneuse d'hydrogène (ou d'électron plus proton) avec synthèse de glucides et libération d'oxygène. Cette réaction a lieu dans les organites intracellulaires spécialisés, les chloroplastes, porteurs de pigments photorécepteurs tels les chlorophylles ou les caroténoïdes. La réduction du dioxyde de carbone par l'eau requiert un apport d'énergie assez élevé. Il faut noter que l'originalité du mécanisme repose sur l'utilisation des photons. Ceux-ci sont "convertis" en énergie chimique qui se retrouve dans l'énergie de liaison des

atomes de carbone et d'hydrogène dans les glucides formés. C'est en fait le soleil qui exécute par son rayonnement l'essentiel du travail et la feuille est le meilleur transformateur d'énergie qui soit.

La vitesse ou l'intensité de la photosynthèse croît avec l'intensité de l'éclairement jusqu'à une valeur limite, au delà de laquelle la saturation lumineuse est atteinte. Cette vitesse est également sensible à la température. Elle augmente jusqu'à un optimum variable selon les espèces et, notamment, en fonction du type métabolique. Elle décroît ensuite rapidement par désorganisation de l'appareil photosynthétique. Enfin le troisième facteur à prendre en considération est le degré de concentration partielle de CO_2 dans l'atmosphère.

Lorsque les trois facteurs considérés sont à l'optimum, l'intensité atteint alors un plafond absolu dépendant de l'équipement pigmentaire et enzymatique du végétal. En fait la vitesse optimale n'est jamais atteinte dans les conditions naturelles. Il en est de même du rendement énergétique défini par le rapport entre le CO_2 assimilé ou l'oxygène émis et l'énergie lumineuse absorbée.

Le rendement énergétique de la photosynthèse est relativement faible. Nous retrouverons cette question dans le dernier chapitre de ce rapport.

Bien que le rendement de la photosynthèse soit faible et que les végétaux n'utilisent qu'une partie de la lumière qui leur parvient, les quantités de carbone fixées annuellement sont à proprement parler gigantesques.

En effet les estimations indiquent que les seuls végétaux terrestres accumuleraient environ 50 milliards de tonnes de carbone. Compte tenu de la fixation de 20 milliards de tonnes de carbone par les végétaux marins, on aboutit ainsi à un excédent de synthèse de substances organiques de 170 milliards de tonnes. Cela correspond à un stockage d'énergie de l'ordre de $2,7 \cdot 10^8$ kJ : à titre de comparaison cette valeur représente environ 10 fois la consommation annuelle mondiale d'énergie.

Les plantes sont au commencement de la vie en ce qu'elles produisent ainsi en quantités considérables des hydrates de carbone ou glucides qui sont des constituants fondamentaux de la matière vivante. Ceux-ci sont à la fois des nutriments, notamment pour le cerveau, et des éléments structuraux des structures biologiques.

En effet les glucides font partie des cinq constituants de la cellule qui est la structure de base des organismes vivants. On trouve ainsi ces glucides liés à des protéines ou à des lipides dans les membranes de toutes les cellules. Notons par exemple que deux d'entre eux, le ribose et le désoxyribose, forment avec le groupement phosphate le squelette des acides nucléiques. Ces acides nucléiques constituent un enchaînement de nucléotides dont l'ordre, à la manière des lettres d'un alphabet dans un texte, détermine l'information génétique.

On saisit donc là l'importance de ces glucides pour ce qui est la structure même de la vie.

Au delà des débuts de la vie, les plantes créent les conditions de la survie des mammifères, donc des êtres humains.

b - Les plantes créent les conditions de la survie des êtres humains

Nous nous contenterons tout d'abord de quelques rappels sommaires tant il apparaît évident que les plantes créent les conditions de la survie des êtres humains en leur permettant de respirer et de s'alimenter.

Les plantes sont à la base même de la possibilité pour l'homme de respirer. En effet fondamentalement, elles rejettent, au cours de du processus de photosynthèse, de l'oxygène, gaz indispensable au fonctionnement du système respiratoire et sanguin humain. Elles absorbent parallèlement le dioxyde de carbone qui, lui, est particulièrement néfaste en quantités importantes aux êtres humains. La fonction chlorophyllienne des plantes est ainsi à la base des conditions de fonctionnement et de la pérennité du mécanisme de la respiration humaine.

Les plantes constituent également le fondement de la nourriture humaine. Elles le sont au premier degré dans la mesure où l'être humain peut consommer directement un nombre très important de végétaux crus ou cuits.

Mais ceux-ci sont aussi à la base de la chaîne alimentaire dans la mesure où ils sont les élément nourriciers primaires de tous les animaux, eux-mêmes nourriture d'autres animaux et *in fine* des êtres humains.

L'utilisation progressive des végétaux pour se protéger, se nourrir, fabriquer des armes et des pièges est inséparable du développement d'*Homo sapiens* aux temps préhistoriques.

Les végétaux sont aussi à l'origine de matières qui se sont révélées être, certes très tardivement dans l'histoire humaine, fondamentales pour l'homme au moins dans les derniers cent cinquante ans : le charbon et les matières proches et le pétrole.

Le charbon et les matières connexes comme les tourbes et les lignites résultent en effet de la transformation d'anciens végétaux terrestres soumis à des actions métamorphiques, c'est-à-dire notamment à des augmentations de températures et de pression auxquelles la matière organique est très sensible. Les modifications subies au cours de cet enfouissement consistent surtout en un enrichissement en carbone aux dépens des autres constituants : c'est la carbonification.

Le pétrole brut est aussi, de façon certaine, d'origine organique. En porte témoignage la présence dans celui-ci des porphyrines dont la structure dérive

directement de celle de la chlorophylle des plantes ou de l'hémine, des isoprénoïdes, hydrocarbures issus de la chaîne phytol de la chlorophylle et enfin des stéroïdes et triterpénoïdes composées caractéristiques de la matière vivante dont dérivent des molécules tétracycliques et pentacycliques (stéranes, triterpanes).

Enfin on retiendra que les végétaux contribuent beaucoup à former par leurs débris cette couche d'humus à laquelle l'agriculture doit les sols arables sur lesquels elle produit les plantes les plus variées et ceci depuis des millénaires.

c - La culture de ces plantes a été perfectionnée par l'agriculture au cours des âges

Il s'agit là de l'activité organisée et réfléchie la plus ancienne à laquelle s'est livrée l'Humanité une fois dépassée le stade de la cueillette itinérante des végétaux. C'est une activité traditionnelle et fondamentale pour l'homme, que l'on peut considérer comme étant à l'origine même de la civilisation. Il a fallu en effet pour que les êtres humains puissent se grouper et, finalement, construire des villes qu'il soit assuré de trouver d'une manière régulière et suffisante la nourriture qui lui était nécessaire.

Il y a sous nos climats tempérés un véritable cycle des végétaux et l'activité agricole semble constituer une source inépuisable de biens puisqu'en principe leur production n'amène pas l'épuisement du milieu dans lequel ils se développent. C'était particulièrement évident lorsqu'une fraction importante de la population vivait à la campagne. Ce n'est naturellement plus tout à fait vrai compte tenu des immenses changements qu'a connus l'agriculture depuis cinquante ans.

Mais, sans doute dès ses origines, l'agriculture n'a pas eu comme rôle exclusif de fournir des denrées alimentaires aux êtres humains.

Cette activité a eu aussi comme objectif de fournir à l'homme un certain nombre de matières premières non alimentaires, notamment industrielles et énergétiques.

B - La production de matières premières industrielles et énergétiques

Pendant un nombre incalculable de siècles, l'agriculture est restée le fournisseur essentiel d'une très grande partie des matières premières utilisées par les êtres humains. Mais depuis le début de ce siècle ce rôle a considérablement décliné.

a - L'agriculture a été la principale source de matières premières

L'homme a trouvé pendant très longtemps dans son activité agricole une source de matières premières pour pratiquement tous les domaines de ses besoins : énergie, textiles, produits chimiques comme les savons, médicaments, teintures...

Parmi toutes ces utilisations, nous évoquerons les médicaments, les fibres textiles ainsi que les teintures.

- Les médicaments

Les plantes ont été très longtemps perçues par l'homme comme des auxiliaires aux propriétés mystérieuses et bienfaisantes. Ils découvrirent progressivement leurs vertus curatives. C'est ainsi que les plantes-remèdes furent administrées sous toutes les formes : poudres, sucs, décoctions, tisanes. Elles firent le bonheur de tous les sorciers, magiciens et guérisseurs avant de faire celui des médecins, des apothicaires et, peut-être aussi, il faut l'espérer, celui des patients.

C'est ainsi que les Grecs connaissaient les vertus laxatives ou narcotiques de certaines de ces plantes. Très tôt les anciens utilisèrent le pavot, la jusquiame, le séné et le ricin, notamment. Au II^{ème} siècle de notre ère le chanvre était employé pulvérisé et dilué dans l'alcool comme anesthésique¹.

Il nous faut également citer les plantes recherchées comme stimulants. Parmi celles-ci se trouvaient les épices et le poivre qui suscitèrent une véritable folie aux XII^{ème} et XIII^{ème} siècles, d'autant plus qu'elles permettaient la consommation de viandes déjà altérées. Il en fut de même du tabac dont on se servit aux débuts de son introduction en Europe comme d'un remède contre la migraine. Nous pouvons aussi évoquer l'indigo qui, utilisé comme cicatrisant, guérit rapidement les blessures et les morsures ainsi que les maladies ulcéreuses de la peau.

Il faudra cependant attendre le XIX^{ème} siècle pour passer du concept de "vertus" à celui de propriétés. En effet la chimie des substances naturelles commence alors : on isole la morphine, la strychnine, la quinine, la caféine, la théine, la cocaïne... La connaissance scientifique pénétrera ensuite dans la pharmacochimie moderne, celle des alcaloïdes, comme la réserpine ou la vincalécoblastine de pervenche, celle des précurseurs des stéroïdes, des agents anticancéreux...

Ces substances végétales représentent encore aujourd'hui des matières premières importantes de la pharmacopée industrielle. C'est ainsi que la codéine, extraite du pavot, reste le meilleur et le moins cher des antitussifs. La digitaline issue de la digitale pourprée est de même toujours employée pour le traitement prolongé des insuffisances cardiaques et beaucoup de produits anticancéreux sont issus d'espèces végétales. Nous verrons plus loin que ces substances naturelles résistent très mal aux progrès de la chimie de synthèse.

¹ Avec l'usage du "haschich" dérivé du chanvre indien on a fait beaucoup mieux depuis...

- Les fibres textiles

Les fibres textiles sont les matières premières servant à l'élaboration d'étoffes destinées à la confection de vêtements, de linge de maison, de tissus d'ameublement, de bâches, de cordages...

Pour qu'une matière première puisse être utilisée comme fibre textile, elle doit présenter un certain nombre de caractéristiques conférant aux étoffes le confort ainsi que la solidité à l'usage. Les propriétés des fibres textiles sont naturellement régies par leur nature chimique, concernant par exemple leur solidité ou leur tenue à la lumière, à l'eau, etc, et aussi par leur architecture morphologique, leur finesse, leur longueur et leur forme extérieure.

L'utilisation des fibres végétales pour la fabrication, des cordages, des hamacs, des lignes ou des filets de pêche a sans doute à l'origine été suggérée par l'observation des lianes et leur utilisation (cordes des arcs par exemple).

De nombreuses plantes fournissent des tiges flexibles et résistantes. Pour augmenter leur souplesse, les tiges sont trempées dans l'eau. Au fur et à mesure de la prolongation de l'immersion, le ciment liant les fibres se dégrade par pourriture. Selon l'intensité de ce rouissage en eau, il est possible de libérer les "fibres ultimes". C'est le cas notamment des fibres telles que le lin, le chanvre ou le jute. Ainsi après avoir travaillé la filasse, assemblage en fil grossier de fibres de tiges non totalement individualisées, l'homme a mis en œuvre des éléments de plus en plus fin jusqu'aux fibres ultimes pour constituer ce qui est notamment appelé dans la Bible, le "fin lin".

Les utilisations de ces fibres textiles ont été bien entendu très diverses. Nous nous en tiendrons aux fibres les plus courantes dans les pays d'Europe comme le lin et le chanvre.

Le lin possède une haute ténacité et un très fort module initial allié à un faible allongement à la rupture. A l'état mouillé, la ténacité augmente tandis que le module initial devient plus faible, l'allongement à la rupture augmentant également. De telles caractéristiques font de cette fibre une matière destinée aux emplois pour lesquels est recherchée une bonne résistance dynamométrique : drap de lit, linge de table, bâches, stores... le lin ayant cependant une mauvaise tenue à la pliure. L'huile obtenue par pressage de la graine de lin fournissait depuis le XIV^{ème} siècle une huile pour les peintures.

La fibre de chanvre est moins régulière, plus aplatie et légèrement plus lignifiée que celle du lin. Autrefois les cultivateurs pourvoyaient aux besoins des marines et de la pêche en fournissant des voiles, des cordes, des filets tressés à partir des fibres de chanvre. Ses graines oléagineuses permettaient également de satisfaire des demandes de lubrifiants. Bien entendu le déclin et la disparition des bateaux à voile sonnèrent le glas des plantations extensives et de l'utilisation de cette fibre.

- Les teintures

Celles-ci étaient fournies par les plantes tinctoriales. Il existe plus de 50 000 plantes possédant la propriété de conférer de la couleur aux supports textile par leurs tiges, leurs écorces ou leurs fruits.

Ainsi pour colorer les tissus en jaune, rouge et bleu utilisa-t-on très longtemps respectivement les *flavones*, l'*alizarine* et l'*indigo*.

Pour l'obtention des jaunes "grand teint" on employait principalement la gaude (*Reseda luteola*). La couleur provient de la lutéoline découverte par Chevreul. Cultivée sur les terres calcaires du Roussillon et du Rhône, elle a fini par être remplacée par la culture bien plus rémunératrice de la vigne.

Les teintures allant du rouge au grenat étaient obtenues par l'emploi de la garance (*Rubia tinctorum*) dont la racine contient, entre autres, l'alizarine. Cette plante était cultivée en France jusqu'au XVI^{ème} siècle. Puis elle disparut laissant le monopole de culture aux Néerlandais. Elle fut réintroduite d'une part dans le Vaucluse et d'autre part en Alsace dès le milieu du XVIII^{ème} siècle. Deux applications essentielles en étaient faites. D'une part elle était la teinture employée, par décret royal de Louis-Philippe, pour les uniformes de l'armée française. D'autre part elle était la couleur "rouge turc" des cotonnades produites à Mulhouse. Le principe actif de l'alizarine fut isolée en 1826 et synthétisé en 1868. En dix ans les prix de la poudre de la garance chutaient de façon considérable et toute culture cessa en 1886.

Le bleu était obtenu par l'utilisation de l'indigo que nous avons déjà évoqué comme cicatrisant. Celui-ci peut être trouvé dans de nombreuses plantes. Son utilisation comme matière colorante remonte au début de l'histoire humaine. *Indikon* pour les Grecs, *Indicum* pour les Romains, ce bleu originaire d'Inde reste jusqu'au XIX^{ème} siècle le roi des colorants. Extraît des différentes variétés d'indigotiers des pays tropicaux, on l'obtient en Europe d'une plante dénommée "guède" ou "vouède" que l'on appelle également pastel. En France, le pastel (*Isatis tinctoria*) fut cultivé surtout dans la région toulousaine, Lauragais et Albigeois, et aussi dans la région nîmoise. Durant tout le Moyen-Age et jusqu'au XVI^{ème} siècle cette culture apporta une richesse considérable à la région toulousaine et constituait une part appréciable du commerce avec l'Angleterre. Le déclin s'amorça ensuite avec l'ouverture de la route des Indes et l'importation de matières colorantes de meilleure qualité. La synthèse de l'indigo fut réalisée en 1878. La production industrielle commença vers les années 1900 et la culture de l'indigotier cessa définitivement en 1930.

Nous nous sommes limités à l'évocation de trois produits. Il y en eu bien entendu un grand nombre d'autres qui furent utilisés très longtemps avant de devoir céder la place aux produits de la synthèse chimique. Nous retrouverons ce problème plus loin.

- L'énergie

Les sous-produits de l'agriculture fournissaient des matières énergétiques comme notamment les pailles et tous les résidus de culture pouvant être incinérés avec production de chaleur.

Mais la ressource la plus importante en la matière était l'exploitation de la biomasse forestière. Ce n'est pas à proprement parler une production agricole mais elle est traditionnellement considérée comme faisant partie de ce secteur. Souvenons-nous que, historiquement, de très nombreux hauts fourneaux ont fonctionné au bois et que les principaux départements métallurgiques étaient en France les départements possédant de grandes forêts. Le chauffage au bois a ensuite considérablement reculé et disparu, dans les industries d'abord, avec l'essor du charbon et ensuite du mazout.

Concernant la fourniture d'énergie par l'agriculture il convient de noter également que les huiles végétales étaient utilisées pour fournir de la lumière dans les diverses lampes à huile. L'agriculture faisait aussi pousser les céréales destinées aux animaux de trait qui étaient la force motrice non seulement de l'agriculture elle-même mais aussi, par l'usage du cheval de selle, du reste de la société.

Toutes ces productions ont subi un déclin considérable.

b - L'affaiblissement considérable de ce rôle

On peut estimer que cette situation de l'agriculture fournisseur de matières premières industrielles et énergétiques s'est maintenue jusqu'au début de notre siècle. On a noté que dans les exemples évoqués au paragraphe précédent, le tournant marqué par la découverte de la synthèse d'un certain nombre de produits se situait à cette époque.

A partir de ce moment les acquis de la chimie de synthèse qui ont coïncidé avec un considérable développement des échanges internationaux et un contexte économique totalement bouleversé ont conduit à bousculer les traditions et les méthodes de production.

L'accroissement de la disponibilité du pétrole sur l'ensemble des marchés internationaux et l'énormité des besoins en énergie pour des industries alors en pleine expansion ont contribué au considérable développement de la pétrochimie. Cette industrie a progressivement conquis des marchés nouveaux. Les prix du pétrole ont été régulièrement orientés à la baisse avec les progrès des techniques d'exploration, de production et de raffinage, les découvertes de très grands gisements et les améliorations apportées dans le domaine du transport.

Cette pétrochimie s'est peu à peu substituée à des industries qui, par tradition, s'occupaient de la transformation non alimentaire de matières premières agricoles. Seuls quelques rares secteurs pour lesquels la substitution n'était pas

techniquement ou économiquement rentable ont pu résister à cette évolution qui est apparu alors comme inéluctable.

Cette situation s'est accompagnée d'un impérieux besoin de tendre vers l'autosuffisance des productions alimentaires et ce, dès la fin de la Seconde guerre mondiale. La politique agricole, dans ce contexte, s'est donc naturellement préoccupée de l'accroissement prioritaire de la productivité agricole dans le domaine des matières premières alimentaires et des industries de transformation alimentaire. Il en a été de même de l'impulsion donnée à la recherche agronomique.

Mais il convient cependant de nuancer le déroulement apparemment inéluctable de ce processus.

En effet il apparaît que les périodes de crise entraînent un regain d'intérêt pour les utilisations non alimentaires des produits agricoles.

Il en est ainsi pour les carburants pour véhicules automobiles issus de produits agricoles et que l'on appelle pour cette raison "biocarburants" et, en particulier, pour l'éthanol. Ce terme est employé de manière générale même si le pourcentage de produits d'origine végétale est très limité.

La première manifestation de ce phénomène est apparue en France à partir de 1923 avec l'accumulation des stocks d'alcool suite à la fin de la Première guerre mondiale. A cette époque les importateurs de pétrole ont été obligés d'acheter au Service des alcools des quantités d'alcool qui ont atteint 10% du volume des produits pétroliers importés.

La période de l'Occupation où les approvisionnements en pétrole ont été naturellement très difficiles a vu resurgir l'éthanol comme carburant. Ce dernier, produit à partir du topinambour comme matière première, a représenté à un moment la moitié des carburants consommés. Après la guerre, le pétrole est revenu. L'écart de son prix et de celui de l'alcool se creusant, le gouvernement a décidé en 1956 de supprimer la fabrication de carburants à base d'alcool et notamment du supercarburant ternaire composé de 15% d'éthanol, 10% de benzol et 75% d'essence principalement réservé aux transports publics. Seule la R.A.T.P. a continué à utiliser ce carburant jusqu'en 1970.

En janvier 1981 était présenté le "Programme Carburols" par le Ministère de l'industrie. Ce programme avait pour but fondamental de diminuer la vulnérabilité stratégique des approvisionnements pétroliers. Les carburants prioritaires de ce plan étaient d'abord le méthanol et l'acétone-butanol et ensuite l'éthanol. Le méthanol était conçu comme devant être issu de produits agricoles alors que l'acétone-butanol devait être produit à partir de plantes saccharifères ou de sous-produits agricoles ligno-cellulosiques, paille, tiges et rafles de maïs. Quant à l'éthanol, il devait être produit à partir du topinambour et, surtout, des betteraves à sucre. Les raisons financières et la détente sur le marché du pétrole devaient avoir raison de ce "Programme Carburols" après quelques réalisations.

Il faut cependant noter que ce sont les crises affectant un produit extérieur à l'agriculture, le pétrole, qui ont entraîné des renouveaux épisodiques d'intérêt pour une utilisation non alimentaire bien particulière des produits agricoles.

Mais actuellement la conjoncture dans laquelle nous nous trouvons est bien différente : l'éventualité de l'utilisation non alimentaire des produits agricoles doit maintenant être appréciée dans le contexte d'une agriculture qui connaît, malgré les restructurations massives et les gains de compétitivité, une situation difficile.

2 - La difficile situation de l'agriculture

L'agriculture, tant française qu'européenne, est actuellement dans une situation de crise latente. Cette crise a rendu nécessaire que soit élaborée une nouvelle politique agricole commune avant que les négociations du G.A.T.T. et leurs conséquences n'affectent de nouveau ce secteur. Ces événements ont été à l'origine de la mise en place d'un gel des terres qui peut orienter l'agriculture vers la production de biens à usage non alimentaire.

A - Un secteur en crise

La crise affectant l'agriculture est la conséquence indirecte du succès de la politique agricole commune mise en place par le Traité de Rome. Elle débouche aussi sur une crise d'identité de l'agriculture.

a - Du succès de la politique agricole commune...

Comme l'a rappelé récemment M. Guy Paillotin, Président de l'institut national de la recherche agronomique (I.N.R.A.), à l'occasion du cinquantenaire de cet organisme, en 1946, la France sort considérablement affaiblie de la guerre. La France est alors encore majoritairement rurale et l'agriculture constitue une part importante de l'économie. Mais malgré cela, notre pays est encore loin d'être autosuffisant pour son alimentation. Dans les exploitations la productivité est faible alors même que le travail des agriculteurs est très pénible et s'exécute dans des conditions très dures. Dès lors le programme à appliquer est clair : il faut nourrir le pays et cela de façon économique. A cette fin il faut faire progresser très nettement la productivité du travail qui permet d'ailleurs un flux de main d'œuvre vers l'industrie et assurer enfin la promotion sociale des agriculteurs. M. Guy Paillotin remarque à juste titre qu'il faut souligner combien ce choix constitue une rupture avec le passé. En effet, jusqu'à là, le caractère agricole de la France était considérée comme une valeur refuge naturelle. A cette époque il devient un avantage comparatif qu'il faut consolider et développer.

Ces principes sont ceux qu'adopte l'Europe dans le traité de Rome qui met en place la politique agricole commune. Celle-ci est entrée en vigueur en 1962.

On rappellera rapidement les grands principes et les principales modalités de son organisation :

- unicité du marché européen impliquant la liberté complète des échanges entre les pays de la Communauté;

- préférence communautaire assurant la protection des marchés européens contre les importations et les fluctuations du marché mondial;

- unicité des prix, solidarité financière entre les états membres et financement des mesures prises dans le cadre de cette politique agricole commune par un organisme commun gérant les différentes organisations de marché, le Fonds européen d'orientation et de garantie agricole (F.E.O.G.A.), comprenant deux sections : garantie et orientation.

- La section "garantie" permet de financer les dépenses nécessaires pour soutenir les prix : achats des excédents de production par les organismes d'intervention, frais de stockage de ces excédents, aides directes et subventions, restitutions et aides à l'exportation.

- La section "orientation" assure quant à elle le financement des actions visant à améliorer les structures des exploitations, les infrastructures rurales, l'appareil de commercialisation...

Ces mécanismes ont donc été conçus en fonction de la situation de déficit dans laquelle se trouvait l'Europe à cette époque, à la suite de la guerre.

Depuis 1962 cette politique agricole commune n'a cessé d'évoluer sous l'effet de nombreux facteurs d'ordre politique, économique, social ou financier : critiques des pays tiers, déséquilibre de certains marchés, coût budgétaire croissant, perturbations monétaires, accroissement des inégalités entre régions, entre exploitations...

Les résultats de cette politique agricole commune ont été considérables.

Le transfert dans le secteur agricole des moyens fournis par l'industrie (mécanique, chimie notamment) ainsi que les progrès accomplis dans la sélection des animaux et des plantes a permis d'accroître de façon très importante le potentiel de production de l'agriculture européenne.

La productivité agricole a également très rapidement augmenté dans ce cadre.

Ainsi M. Guy Paillotin rappelle qu'en France de 1954 à 1992 le volume de la production agricole a été multiplié par 2,5 alors que le chiffre de la population agricole active était divisé par 4. La productivité du travail des agriculteurs a donc été multipliée par 10 pendant cette période.

Quelques chiffres sont très parlants dans ce domaine.

Le rendement moyen de la production de blé tendre est passé de 22 à 66 quintaux à l'hectare. Cet accroissement qui dépasse le quintal par hectare et par an a été obtenu pour toutes les cultures céréalières. De même les rendements de la betterave à sucre sont passés de 30 tonnes à 70 tonnes par hectare.

D'autres chiffres pour la France sont aussi convaincants : 737 quintaux de tomates à l'hectare en 1994 contre 172 en 1950, 30 au lieu de 12 pour le colza, 78 au lieu de 13 pour le maïs et 4 800 litres de lait par vache contre 2 600 en 1954... Ces chiffres ont été au surplus obtenus avec diminution des surfaces consacrées aux cultures de 6 millions d'hectares.

Cette évolution a été pratiquement semblable dans les autres pays de la Communauté au cours de cette période.

La croissance de la productivité a ainsi entraîné de façon logique une croissance de la production. Cette évolution a conduit la Communauté européenne à l'autosuffisance dans un certain nombre de secteurs alimentaires essentiels, et notamment les céréales, la viande, le lait, le sucre...

Mais à partir du début des années 1980 apparurent des excédents qui posèrent un difficile problème d'ajustement et qui entraînèrent le développement de la crise agricole.

b - ... au développement de la crise agricole...

Ces excédents, fruits de la politique agricole commune, ont été à la base du développement de la crise agricole dans la mesure où il y eut la conjonction de deux difficultés : leur coût qui devenait extrêmement important, à la limite du supportable, et l'apparition d'un problème de débouchés.

- L'augmentation des coûts

Jusqu'en 1992 le développement de ces productions s'est traduit, compte tenu du mécanisme de fonctionnement de la politique agricole commune, par une progression très rapide des dépenses budgétaires communautaires. Celles-ci ont alors évolué beaucoup plus vite que la production agricole. Ainsi entre 1975 et 1991, les crédits consacrés au soutien des marchés ont doublé en valeur réelle alors que la production augmentait de 30%. Le F.E.O.G.A. dut ainsi faire face à des dépenses très importantes. Elles atteignirent 33 milliards d'ECU en 1992 et mobilisaient la proportion considérable de 57% du budget communautaire.

Mais, comme l'ont souligné de nombreux experts de ce secteur, cette augmentation importante des dépenses peut être expliquée aussi par les changements qui ont eu lieu dans les échanges extérieurs de la Communauté.

En effet la réduction des importations, un des objectifs de la Communauté, a supprimé de façon progressive les prélèvements qui alimentaient le budget communautaire. Inversement, les exportations, dont la croissance a été importante et qui ont fait de l'Europe, à partir des années 1980, un des acteurs majeurs du marché international des denrées, ont rendu nécessaires des restitutions très coûteuses.

Ces coûts croissants ont été à la base des deux grandes réformes de la politique agricole commune qui ont eu lieu depuis son instauration, outre la création des organisations communes de marché en 1968.

La première de celles-ci fut l'établissement des quota laitiers en 1984. Cette réforme a introduit une première rupture avec le fonctionnement antérieur de la politique agricole commune en mettant en place un système de maîtrise de la production très draconien.

La seconde fut constituée par l'instauration du système des quantités maximales garanties pour les céréales et les oléoprotéagineux en 1988. La maîtrise de ces productions a été alors recherchée par un système de baisse souple et modérée des prix, par exemple de 3% maximum par an pour les céréales. Cette diminution des prix était appliquée en cas de dépassement des quantités maximales garanties et accompagnée d'un régime de retrait des terres facultatif.

Mais à l'exception des quota laitiers ces systèmes ne furent pas très efficaces. En effet, les agriculteurs cherchèrent par un réflexe bien compréhensible à maintenir leurs revenus par l'accroissement des quantités produites, ce qui était généralement à leur portée.

Ces réformes successives n'ont donc pas pu résoudre le problème des débouchés des produits agricoles.

- Le problème des débouchés des produits agricoles

Les agricultures française et européenne sont très majoritairement orientées vers les produits alimentaires. L'évolution de cette demande détermine donc le volume de ses débouchés et donc de ses revenus. En effet, comme l'a remarqué l'économiste M. Jacques Le Cacheux dans un article de la revue *Projet*, seuls quelques produits qui correspondent certes aux volumes de production les plus importants font l'objet d'une organisation de marché dans le cadre de la politique agricole commune.

Mais la structure et la nature de la demande se sont modifiées en profondeur depuis la mise en place de cette politique agricole commune.

De nombreuses études ont montré que depuis 1969 le budget que chaque Français consacre chaque année aux achats alimentaires est passé d'un peu plus de 2 200 F cette année-là à un peu moins de 10 000 F en 1990. Cette augmentation en

francs courants masque cependant une stagnation en francs constants dans la mesure où ces deux sommes sont équivalentes déduction faite de l'inflation. Des évolutions discontinues se sont produites : le volume de la consommation alimentaire à domicile par personne s'accroît jusqu'en 1976, puis décline régulièrement pour retrouver en 1983 son niveau de 1965 pour ensuite recommencer à croître qu'après 1967.

Le tableau suivant donne une évolution de l'emploi des revenus des ménages de 1980 à 1992 (en milliards de francs et en pourcentage de la consommation finale des ménages):

	1980	1990	1992
Consommation finale	1 645,1	3 872,3	4 208,4
- Dépenses d'alimentation	335,7 (20,41%)	710,7 (18,35%)	751,7 (17,85)
- Dépenses de services	601,9 (36,59%)	1 643,9 (42,45%)	1 858,3 (44,16%)
- Autres dépenses	707,5 (43%)	1 517,7 (39,19%)	1 598,4 (37,99%)

Source : d'après Agreste (1994)

Ce tableau montre que le volume des dépenses des ménages consacrées à l'alimentation représente encore en 1992 un volume considérable de 752 milliards de francs. Mais il décroît régulièrement en proportion des dépenses totales : à la hauteur de 24,5% en 1970, il est à 17,85% en 1992. Il y a donc une progression plus rapide des autres dépenses et non une contraction des dépenses d'alimentation. A mesure que le niveau de vie s'élève, celles-ci continuent à croître mais à un rythme inférieur. On constate, d'autre part, la diminution de la part de ces dépenses dans le budget de consommation des ménages à mesure que l'on s'élève dans l'échelle des revenus.

Il faut noter que la demande de produits alimentaires étant de façon bien connue inélastique par rapport aux prix, la baisse des prix de ces biens alimentaires par augmentation de la productivité agricole n'a pas induit de demande supplémentaire de ces produits.

La structure de la dépense alimentaire s'est également modifiée.

Ainsi de 1965 à 1989, les quantités consommées de pain, de pommes de terre, de vins, d'œufs, de lait, de légumes, de fruits frais, de viande de boucherie ont diminué. Certaines de ces consommations ont baissé très fortement : ainsi la diminution a-t-elle été de plus de 60% pour les pommes de terre et le vin et de près de 50% pour le pain. Au contraire les consommations de fromages (+ 60%), de porc, de poisson, de volailles, et surtout, de légumes surgelés, de yoghourts et de boissons non alcoolisées ont augmenté.

En général la part des produits élaborés, et notamment les fromages, les produits surgelés, la charcuterie... augmente alors que celle des produits bruts (lait, œufs...) ou énergétiques (pain, pommes de terre...) diminue. Ce qui signifie que la valeur ajoutée et la rémunération globale ont de plus en plus tendance à échapper à l'agriculture pour se situer toujours plus dans le secteur de l'industrie agro-alimentaire.

L'ensemble de ces évolutions a abouti à ce que l'on peut appeler avec M. Jean-François Hervieu une crise d'identité de l'agriculture.

c - ...à une crise d'identité de l'agriculture

La situation de l'agriculture est actuellement caractérisée par le développement d'un certain nombre de ruptures et de déséquilibres, sources d'une crise d'identité.

La rupture la plus marquante est sans conteste la poursuite de la décroissance de la population agricole. C'est un phénomène propre à tous les pays développés. Pour sa part, notre pays a vu sa population agricole familiale divisée par deux depuis le début des années 1970. La population active agricole ne représente plus qu'environ 5% de la population active totale. Elle en représentait 30% au début des années 1950 et encore 20% en 1962.

L'agriculture a ainsi perdu plus de 4 millions d'actifs entre 1954 et aujourd'hui. Actuellement le solde net entre les installations d'agriculteurs et les départs s'établit par an aux environs de 45 000 agriculteurs quittant le travail de la terre. Les différentes projections réalisées dans ce domaine montrent généralement la poursuite de ce mouvement : on ne compterait plus que 700 000 chefs d'exploitation en 2000.

Un certain nombre de correspondances traditionnelles sont aussi en passe d'être rompues de façon pérenne.

Ainsi en est-il notamment du lien entre agriculture et alimentation. Cela est illustré d'abord, on l'a vu, par la stagnation du niveau de la demande alimentaire. Mais il y a aussi une relative perte de vue du lien entre l'alimentation de chaque jour et les matières premières qui ont été nécessaires pour l'élaborer. Lors de la consommation alimentaire quotidienne bien peu de Français sont capables de discerner la part prise par le travail de la terre ou les contraintes liées au rythme des saisons qui tendent d'ailleurs avec les importations et les cultures en serres à s'estomper.

De même la perception du lien entre agriculture et nature semble de plus en plus floue. Cela est dû certes pour une part au développement de l'agriculture et de l'élevage hors sol mais aussi aux problèmes qui ont surgi en matière de pollution causés par l'intensification des méthodes culturales.

Le développement de l'agriculture française s'est fondé sur un véritable contrat avec la nation qui a été inscrit dans la loi d'orientation du 5 août 1960. Presque quarante plus tard, alors que la sécurité du pays en produits alimentaires a été assurée, les agriculteurs ont de plus en plus le sentiment que ce contrat a été oublié par la grande majorité de leurs concitoyens qui semblent peu se soucier de leur avenir alors qu'un bouleversement considérable est intervenu par la mise en place d'une nouvelle politique agricole commune.

B - La nouvelle politique agricole commune

La réforme a été adoptée le 21 mai 1992. Elle devait être introduite de manière progressive à partir de 1993 pour devenir complètement effective en 1996. Nous n'en donnerons ici que les grands traits.

Il faut tout d'abord noter que les trois principes de base de la politique agricole commune ont été préservés. En effet demeurent :

- la préférence communautaire,
- l'unicité du marché,
- la solidarité financière.

Cette réforme concerne tous les produits soumis à l'organisation commune des marchés à l'exception d'un certain nombre de produits tels que le sucre, le vin, les fruits et légumes, les viandes de porc et de volaille et les œufs.

Nous nous limiterons aux changements concernant les grandes cultures en renvoyant pour les autres productions comme le lait, les produits laitiers et les différentes sortes de viande aux nombreuses études parues sur le sujet depuis quelques années.

S'agissant des grandes cultures, les oléagineux et les protéagineux ne bénéficient plus de soutien de prix mais seulement d'une aide à l'hectare.

Les céréales continuent à bénéficier d'un prix d'intervention. Celui-ci devait néanmoins être réduit de 33% sur trois ans au rythme de deux tiers la première année et un tiers sur les deux autres années. La préférence communautaire est maintenue et se traduit par une différence de 45 ECU entre le prix de seuil et le prix indicatif des céréales.

L'aide à l'hectare est établie dans le but de compenser intégralement la baisse du soutien des prix. Elle est régionalisée. Elle est aussi conditionnée par le gel des terres d'au moins 15% des surfaces pour lesquelles le producteur effectue une demande d'aide. En cas de non respect de ces règles, un ensemble de pénalités peut être appliqué.

Le retrait des terres pour chaque producteur intervient sur l'ensemble de la surface cultivée et non pour chaque culture prise séparément. Chaque hectare retiré reçoit une compensation égale à l'aide à l'hectare pour les céréales. Ces terres ainsi retirées de la production alimentaire peuvent être utilisées pour produire à des fins autres que la consommation humaine ou animale. Enfin il convient de signaler qu'aucune condition de retrait de terres n'est requise pour les petits producteurs dont la superficie est inférieure à celle qui serait nécessaire pour produire 92 tonnes de céréales, soit une surface de 20 hectares en moyenne. Ceux-ci reçoivent une aide à l'hectare unique pour toutes les cultures, égale à celle des céréales.

La principale disposition de cette nouvelle politique agricole commune concernant notre préoccupation est bien entendu cette obligation de retrait des terres de la production de matières premières à destination alimentaire, humaine ou animale.

C'est cette obligation que nous allons évoquer maintenant un peu plus en détail.

C - Le problème du gel des terres

L'obligation du gel d'un certain nombre de terres introduite par la réforme de la politique agricole commune est différente *stricto sensu* de la jachère et a évolué depuis 1992.

a - Le gel des terres est différent de la jachère

Les dispositions de la nouvelle politique agricole commune concernant l'obligation de retrait temporaire des terres de la production de biens alimentaires ne peuvent pas être considérées comme instaurant une jachère. Il semble que le terme anglais *set aside* qui peut se traduire par "mise de côté" apparaisse plus juste. Il n'y a aucune commune mesure entre ces dispositions et une réintroduction de la

jachère dans l'assolement, pratique ancestrale que combattirent avec vigueur nombre de générations d'agronomes au XIX^{ème} siècle.

En effet à une époque où les bases de l'alimentation végétale étaient inconnues, et par conséquent, les engrais minéraux, la jachère avait pour vertu de favoriser la dégradation de la matière organique et de lutter contre les adventices des cultures. Cela donnait ainsi plus de chance de succès à la récolte de céréales suivante. Mathieu de Dombasle jugeait ainsi en 1829 que l'ancien système des jachères était celui qui "pouvait le plus facilement être mis en pratique par des hommes manquant d'instruction et d'avances pécuniaires".

La jachère a de fait longtemps marqué les campagnes. En France elle a structuré l'espace villageois dans la mesure où la commune se divisait en trois parties : la première consacrée aux terres en repos, la deuxième au blé et la troisième à l'avoine. L'année suivante l'assolement tournait selon un rythme régulier.

La jachère s'est éteinte en France de manière très irrégulière. A l'époque où les besoins des villes ont crû de façon importante, à la fin du XVIII^{ème} et au début du XIX^{ème} siècle, on a commencé à considérer que ce n'était plus un système assez productif.

L'exemple anglais, reprenant lui-même à grande échelle le modèle flamand du XV^{ème} siècle qui pratiquait à force de travail humain incessant les cultures continues sans jachères, a alors été mis en avant. En Flandre, la jachère avait été progressivement remplacée par des cultures fourragères sarclées : betteraves fourragères, navets, rutabagas. Cela permettait ainsi d'associer l'élevage à la culture tout en luttant contre les mauvaises herbes.

La disparition de la jachère a été par la suite beaucoup plus lente car on en trouve encore mention dans les statistiques agricoles après la Seconde guerre mondiale. Les principaux facteurs de sa disparition ont été la mécanisation mais surtout l'emploi de la fertilisation minérale et des herbicides. Tous les progrès techniques ont contribué à augmenter la production et, simultanément, ont supprimé les intérêts traditionnels de la jachère.

Malgré l'usage courant, il convient donc de ne pas employer le terme de "jachère" pour désigner ce qui, dans la réforme de la politique agricole commune de 1992, est en fait un gel des terres.

b - Le gel des terres dans la réforme de la politique agricole commune

Les mesures adoptées en 1992 prévoyaient à la fois un gel rotationnel de 15% et un gel libre de 20%.

Le pourcentage de 15% s'appliquait aux surfaces des cultures pour lesquelles une aide directe était demandée et notamment concernant les céréales, les

oléagineux et les protéagineux, la même parcelle ne pouvant être gelée qu'une fois tous les six ans.

Le gel libre de 20% n'entraînait pas de contraintes sur la fréquence de retrait d'une même parcelle. Le gel pouvait être fixe, les mêmes parcelles devant alors être gelées durant 60 mois.

En termes de surface cette obligation s'est traduite dès cette époque par la mise hors culture de 4 millions d'hectares en Europe dont 1,5 million en France.

Ces obligations ont beaucoup évolué depuis cette époque en allant dans le sens d'une diminution de l'obligation de gel. Ainsi en 1994 le gel par rotation était-il fixé à 13,3% et le gel libre à 18,3%. En 1995 les deux taux de retrait des terres se trouvaient à 10%. Pour la campagne 1997-1997 le taux de gel par rotation était abaissé une nouvelle fois à 5%, qui est le taux actuel.

Ces taux ont été abaissés en fonction de la situation mondiale, des céréales notamment, dans la mesure où celle-ci s'est sensiblement dégradée surtout depuis 1994. En effet la situation internationale de ce marché apparaît actuellement tendue, sinon explosive, dans la mesure où sur le marché à terme de Chicago, référence internationale en la matière, le blé est à son plus haut cours depuis quinze ans. Cette situation est due notamment à la fois à la survenance de certaines conditions climatiques défavorables et à l'émergence de demandes supplémentaires très importantes en provenance d'un certain nombre de pays asiatiques s'ajoutant ainsi à celles, plus régulières, des pays de l'Europe de l'est. Il convient cependant d'adopter une attitude prudente en la matière. Il ne faut pas en effet considérer dès à présent cette situation mondiale comme étant devenue nécessairement structurelle. L'agriculture, tributaire d'un nombre important de paramètres dont l'évolution n'est pas maîtrisable, est en effet un des domaines où la conjoncture peut se retourner très rapidement et très brusquement.

Ces diminutions successives des taux de retrait obligatoires ont rencontré la faveur du monde des agriculteurs dans la mesure où ceux-ci avaient très mal vécu l'instauration du gel des terres qui s'apparentait à une frustration.

Il est un fait que la vocation ancestrale des agriculteurs est de produire des denrées alimentaires dont la mise sur le marché leur assure à la fois un revenu suffisant et une garantie pour le futur de leur exploitation. Cette mesure s'étant accompagnée d'une perspective de baisse des prix des productions, les agriculteurs ont eu la sensation d'être en quelque sorte pris en tenaille et d'être perdants à terme dans la mesure où les primes étaient jugées insuffisantes et les récoltes moins rémunératrices par ailleurs. L'existence du problème de la faim dans le monde a également été une source d'importantes interrogations sur le bien-fondé de la mise en œuvre de cette mesure.

Le problème de l'utilisation de ces terres s'est donc posé aux agriculteurs s'efforçant de chercher les voies pour que leur revenu ne soit pas trop amoindri par ces mesures.

c - L'utilisation des terres concernées par le gel

Quatre règlements essentiels fixent le cadre des productions agricoles à but non alimentaire dans l'Union européenne :

- le règlement (C.E.E.) 1765/92 institue "un régime de soutien aux producteurs de certaines cultures arables".

Est autorisée "l'utilisation de ces terres pour la production de matières premières destinées à la fabrication, sur le territoire de la Communauté, de produits qui ne sont pas directement destinés à la consommation humaine ou animale, sous réserve que des contrôles efficaces soient appliqués". Le contrôle requis par le Conseil se fonde sur un contrat entre l'agriculteur produisant la matière première et un intervenant garantissant que celle-ci est utilisée à des fins appropriées. Cet intervenant, soit collecteur, soit premier transformateur, est tenu de constituer une garantie. Celle-ci est libérée lorsque l'autorité auprès de laquelle elle est déposée détient la preuve que la matière première a réellement été transformée directement en un produit fini destiné à une autre fin que la consommation humaine ou animale. Le paiement compensatoire "est fixé à l'hectare et régionalisé". Il est variable en fonction de la matière première produite.

- le règlement (C.E.E.) 334/93 porte sur "les modalités d'application relatives à l'utilisation des terres faisant l'objet de gel pour la production de matières premières servant à la fabrication, dans la Communauté, de produits destinés à des fins principales autres que la consommation humaine ou animale". Dans ce règlement sont fixés les statuts de "demandeur", "collecteur" et "transformateur".

- le règlement (C.E.E.) 2595/93 porte sur les modalités d'application du règlement 1765/92. Il rappelle la possibilité de l'application de sanctions en cas de non respect de la liste des matières premières autorisées.

- le règlement (C.E.E.) 608/94, enfin, modifie quelques articles du règlement 334/93.

Par dérogation au régime général de gel obligatoire il y a donc la possibilité pour les agriculteurs d'utiliser les parcelles gelées pour certaines cultures "servant à la fabrication de produits destinés à des fins autres que la consommation humaine ou animale". Le producteur conserve par ailleurs le bénéfice du paiement compensatoire au gel des terres.

Les cultures autorisées sur ces parcelles sont strictement définies.

Est possible la culture d'une part des céréales, oléagineux et protéagineux non destinés à l'ensemencement et d'autre part, des plantes utilisées en parfumerie, de la pomme de terre et de quelques plantes aromatiques et médicinales. Il convient de noter, qu'à l'initiative de la France, la culture des betteraves à des fins non alimentaires était, en mai 1993, autorisée sur les terres gelées.

Les produits finis autorisés par le dispositif sont aussi précisés. Il s'agit des cosmétiques, des biocarburants, des combustibles, des huiles industrielles et de leurs dérivés, des lubrifiants, des produits d'emballage...

Les produits finaux pour être obtenus nécessitent la culture d'un certain nombre de végétaux très différents.

On donnera ci-après un aperçu, qui ne peut être exhaustif, des végétaux qui peuvent être cultivés sur ces terres retirées de la production de biens alimentaires ainsi que les surfaces de terres gelées et non gelées en 1996 selon des prévisions faites en 1995 :

PRODUCTION DE	CULTURE DE	SURFACES DE TERRES GELEES	SURFACES DE TERRES NON GELEES
Biocarburants	Blé Betterave Sorgho grain Colza	15 000 ha 11 000 ha 365 000 ha	
Amidon industriel	Blé Maïs Pommes de terre		50 000 ha 100 000 ha 35 000 ha
Lubrifiants Tensio-actifs Plastifiants Emulsifiants	Colza érucique Colza oléique, linolénique Tournesol	11 000 ha 50 000 ha 26 000 ha	
Biocombustibles	Colza Tournesol Taillis à courte rotation Pailles Céréales Plantes entières Miscanthus	Cf. Biocarburants 11 000 ha 800 ha } Pris en compte } dans les hectares } blé-colza	
Papier Textile	Sorgho papetier Chanvre Lin Pailles	3 000 ha } Pris en compte } dans les hectares } blé-colza	
Revêtement, Peintures	Lin	10 000 ha	
Arômes Produits pharmaceutiques	Œillette Divers	4 000 ha 1 000 ha	

Source : d'après un tableau extrait de l'étude réalisée par *Espaces pour Demain*

Le total des terres faisant l'objet d'un gel dans le cadre de la nouvelle politique agricole commune qui pourraient être utilisées par ces cultures à but non alimentaire est ainsi d'environ 510 000 hectares. M. Jean-Claude Sourié de l'I.N.R.A. aboutit quant à lui dans une note récente aux environs de 535 000 hectares, soit une valeur tout à fait comparable.

Il faut tout de même noter que les surfaces gelées par les nouvelles dispositions européennes étaient à l'origine de 1,5 million d'hectares, cette référence donnant ainsi une échelle de grandeur aux possibilités de cultures non alimentaires. Bien entendu les diminutions successives du taux de gel des terres ont modifié ce rapport entre les terres gelées et celles produisant des matières premières non alimentaires.

Les dispositions des derniers accords du G.A.T.T. sont par contre de nature à limiter les possibilités de développer les cultures de plantes oléagineuses sur des terres gelées.

En effet à la suite de l'embargo mis par les Etats-Unis à la fin de 1973 sur leurs propres exportations de soja, la Communauté européenne avait décidé de développer sa production d'oléagineux, colza et tournesol notamment, avec des aides spécifiques. Cette action a été couronnée de succès : entre 1977 et 1991, les surfaces consacrées à ces productions ont été multipliées par sept et la production par cinq.

Dans le cadre des négociations du G.A.T.T., l'Union européenne, soumise à un véritable chantage de la part des Etats-Unis, a dû prendre l'engagement de limiter la culture d'oléagineux sur des surfaces gelées dans le cadre de la nouvelle politique agricole commune. Cette limite est fixée à l'équivalent de 1 million de tonnes équivalent-tourteaux de soja. En se basant sur le taux protéique des graines, cette limitation correspond à une superficie d'environ 875 000 hectares de colza ou de 1 600 000 hectares de tournesol pour l'ensemble de l'Union européenne. C'est donc une contrainte très sérieuse. Nous retrouverons ce point lorsque nous évoquerons la production de biocarburants dans la mesure où leur fabrication entraîne, comme produit dérivé fatal, la production de tourteaux.

Il est nécessaire d'insister sur l'importance de ce problème des terres qui pourront être consacrées à cette culture de matières premières à but non alimentaire car, comme le note avec une très grande pertinence M. Régis de Baynast, directeur général d'Agro-Industrie Recherches et Développement (A.R.D.), "plus que les matières premières, ce sont les hectares de terre et le travail de nos agriculteurs qui sont disponibles" Il estime que les orientations qui seront prises par les pouvoirs publics pèseront en effet sur les choix alternatifs qui pourront être effectués au niveau de chacune des fermes. Il considère donc que, dans ce but, il est éminemment souhaitable que les règles de financement des productions destinées à l'utilisation non alimentaire soient calculées par hectare, car c'est à ce niveau que s'analysent les coûts agricoles. Le raisonnement au niveau des hectares utilisés est donc tout à fait primordial.

Enfin nous ne ferons qu'évoquer l'autre possibilité d'utilisation des terres soumises au gel fixe. Il s'agit du gel "faune sauvage" qui doit être constituée de couverts adaptés permettant la protection des espèces sauvages.

Nous venons ainsi de finir de "camper" en quelque sorte l'environnement de cette problématique actuelle de la production de matières premières agricoles à but non alimentaire.

Nous allons maintenant essayer de décrire ces nouvelles possibilités de production pour nos agriculteurs. Nous irons du plus solidement établi pour l'instant, au domaine encore le plus hypothétique en passant par des domaines techniquement au point qui ne font que susciter des espoirs (compte tenu d'un nombre important de difficultés) et un domaine de développements possibles.

Nous examinerons donc une production déjà bien développée, la filière amidon, un domaine qui suscite bien des espoirs, les biocarburants, quelques cas de développements possibles et enfin, plus hypothétique, l'utilisation énergétique directe de la biomasse.

3 - Une production à but non alimentaire bien développée : la filière amidon

A - Les caractéristiques et la fabrication de l'amidon

Nous évoquerons tout d'abord, de façon assez complète, compte tenu de son importance, les caractéristiques de l'amidon puis sa production.

a - Les caractéristiques de l'amidon

De masse moléculaire très élevée, l'amidon est constitué par l'enchaînement de molécules cycliques de d-glucopyranose liées les unes aux autres par des ponts éther entre les atomes 1 et 4 selon la configuration α en 1. C'est un polymère du glucose de formule chimique $(C_6H_{10}O_5)_n$.

L'amidon ne se rencontre que dans le règne végétal. C'est la principale forme de réserve glucidique des végétaux. Les amidons constituent un aliment pour la plante. Ils entretiennent en effet la vie de la tige ou du tubercule pendant le repos hivernal et assurent le développement de l'embryon au cours de la germination. La plupart des amidons sont formés d'un mélange de deux constituants, l'amylose, de structure linéaire, et l'amylopectine, dont la structure est ramifiée. L'amidon natif se présente sous forme de grains microscopiques dans lesquels l'amylose et l'amylopectine sont rangées en couches concentriques.

Les grains d'amidon, ou amyloplastes, sont souvent caractéristiques de l'espèce végétale les renfermant. Ils se différencient par leur forme, la position et la forme du hile. Une autre différenciation réside dans les stries entourant ce hile et correspondant à des couches déposées, à des degrés de polymérisation différents, autour de celui-ci. Les grains d'amidon peuvent être isolés ou agglomérés selon l'espèce.

Les amidons sont surtout abondants dans les racines (manioc, igname), les tubercules (pommes de terre), les fruits et les graines (céréales, légumineuses). Dans ces plantes les fractions respectives d'amylose et d'amylopectine peuvent être tout à fait différentes. Ainsi par exemple les amidons de blé et de pomme de terre renferment de 15 à 30% d'amylose, tandis que ceux de certaines variétés de maïs, de riz ou de sorgho sont presque entièrement constitués d'amylopectine. Les amidons de certains pois et d'autres variétés de maïs renferment, quant à eux, surtout de l'amylose.

Il existe différentes qualités d'amidon.

Ainsi l'amidon de maïs est homogène et quasiment pur. Il n'en est pas de même de l'amidon de blé. Celui-ci se présente en effet en deux principales fractions. L'une est dite de type "A" dont la qualité est équivalente à celle de l'amidon de maïs, c'est-à-dire à l'amylopectine. L'autre est de type "B", appelé aussi "amidon second", et contient des impuretés. Actuellement seul l'amidon "A" de blé peut être utilisé dans les mêmes applications que celles de l'amidon de maïs, que ce soit en alimentation humaine ou dans l'industrie non alimentaire.

Avec 100 kg de blé, on obtient entre 45 et 47 kg d'amidon "A" et entre 10 et 12 kg d'amidon "B" alors que 100 kg de maïs permettent d'obtenir 63 kg d'amidon de qualité.

Pour produire une tonne d'amidon, toutes qualités confondues, il faut en moyenne :

- 1,6 tonne de maïs, soit l'équivalent d'une superficie de 0,23 ha
- 1,8 tonne de blé, soit 0,33 ha,
- 5 tonnes de pommes de terre, soit 0,14 ha

Notons à ce stade que la productivité est la plus forte avec le maïs et que c'est la production à partir de blé qui "occupe" le plus de terre.

L'amidon est insoluble dans l'eau froide. Par contre, mis en suspension dans l'eau et chauffés à une température critique, les grains d'amidon gonflent et forment un gel fluide: l'empois d'amidon qui devient une pâte en refroidissant. C'est l'amylose qui est responsable de la gélification alors que l'amylopectine contribue à donner à la pâte sa cohésion.

L'amidon est hydrolysé, c'est-à-dire que l'on rompt les liaisons entre les molécules de glucose, par les acides dilués et par des enzymes (amylases). L'hydrolyse acide totale fournit du D-glucose. L'hydrolyse enzymatique fournit surtout de son côté un diholoside, le maltose. Des fragments de poids moléculaire plus élevé, les dextrines, sont obtenus par hydrolyse acide contrôlée et action de la température.

Ces caractéristiques rendent l'amidon extrêmement intéressant.

En effet, en premier lieu, sa structure macromoléculaire lui confère des propriétés très particulières vis-à-vis de l'eau et en fonction de la température il est possible d'obtenir solubilité, viscosité, gélification ou encore adhésion.

La présence de groupements réactifs permet de greffer chimiquement sur l'amidon d'autres molécules. Il est ainsi possible de modifier ou de compléter ses caractéristiques.

En deuxième lieu, l'hydrolyse permet de le découper en éléments plus ou moins réduits qui peuvent conduire jusqu'à l'élément de base, le glucose, celui-ci pouvant être sujet ensuite à des réactions de conversion.

Enfin on notera qu'on réserve le nom de *fécule* aux amidons en provenance des parties de plantes autres que les semences, c'est-à-dire, surtout des organes souterrains tels que rhizomes, tubercules, bulbes.

b - La production de l'amidon

La fabrication de l'amidon comporte un certain nombre d'opérations successives.

C'est tout d'abord le trempage dans une solution d'acide sulfureux dilué ou de soude. Les grains sont ainsi ramollis et leurs enveloppes dissoutes. L'eau de trempage se charge de produits solubles organiques et de sels minéraux et peut être vendue à l'état concentré comme milieu de culture à l'industrie des antibiotiques.

La séparation des graines s'effectue ensuite dans un broyeur. Il y a ensuite libération de l'amidon dans un moulin et séparation des sons et du gluten.

Après l'essorage du lait d'amidon, on obtient le produit fini après une dernière opération de séchage.

Les Etats-Unis et l'Europe produisent environ annuellement 25 millions de tonnes d'amidon dont environ 6 millions de tonnes pour l'Europe.

En Europe, l'amidon est essentiellement produit dans le nord du continent et son origine est approximativement la suivante :

- 57% proviennent du maïs et le quart de la production européenne de maïs est consacrée à l'amidonnerie,
- 23% proviennent du blé tendre,
- 20% sont issus de la pomme de terre.

La France produit environ 1,5 million de tonnes d'amidon par an. Un certain nombre de grandes entreprises productrices sont installées en France :

- Roquette Frères, première entreprise européenne du secteur et numéro trois mondial des produits amylacés,
- Cerestar, appartenant au groupe Eridiana Béghin-Say,
- Doittau-Emuldo, entreprise du groupe néerlandais AVEBE,

- Ogilvie Aquitaine, membre du groupe américain Archer Daniels Midland.

On peut également citer d'autres acteurs agissant au niveau européen dans ce domaine: Amylum-Tate and Lyle et Cargill.

Les débouchés industriels de l'amidon sont très importants. Il est naturellement la matière première d'un nombre important d'industries agro-alimentaires n'entrant pas dans le cadre de cette étude.

Mais il est aussi très utilisé dans le domaine non alimentaire.

B - L'utilisation non alimentaire de l'amidon

La production d'amidon destinée à une utilisation non alimentaire représente environ 760 000 hectares dans l'ensemble de l'Union européenne dont 180 000 hectares en France.

En terme de tonnages environ 50% de la production européenne est consacrée à la production de biens non alimentaires. L'industrie papetière utilise la moitié de cette dernière quantité, l'autre l'étant par l'industrie chimique et d'autres secteurs.

Nous nous proposons d'examiner ces utilisations dans l'industrie papetière et dans les autres industries de la fermentation qui n'auraient sans doute pas pu prendre une grande ampleur sans l'existence de ce que l'on appelle "la réglementation amidon" au niveau européen.

a - L'utilisation de l'amidon dans l'industrie papetière

Nous examinerons de façon assez détaillée cet emploi de l'amidon en nous appuyant notamment sur une étude parue dans le mensuel "Perspectives agricoles" de mars 1992.

L'amidon est employé, natif ou modifié, selon le type de papier et les habitudes de fabrication : papiers minces, de presse, d'impression-écriture, papiers et cartons d'emballage, papiers et cartons spéciaux.

Cette matière première est utilisée de trois façons différents selon les stades de la fabrication : amidon de masse, amidon de surfacage, amidon de couchage.

- l'amidon de masse

Celui-ci assure la cohésion interne de la feuille en formant des liaisons cellulose-amidon-cellulose s'ajoutant aux liaisons cellulose-cellulose à la résistance insuffisante. Cela permet ainsi d'augmenter les caractéristiques mécaniques du papier. Sa présence améliore aussi la rétention des charges minérales introduites

dans la pâte à papier. Pratiquement, l'amidon peut être incorporé soit avant la toile de fabrication, mélangé à la pâte, soit de façon marginale par pulvérisation sur la feuille humide.

A ce stade, le handicap majeur est la pollution des eaux résiduaires par l'amidon non retenu lors de l'égouttage de la feuille. Sa rétention est de seulement 20% pour l'amidon natif. Il faut noter que celle-ci peut être portée à 80% si on utilise de l'amidon cationique.

L'utilisation croissante des papiers de récupération mélangés aux pâtes neuves, suite au développement des collectes sélectives, nécessite des quantités de plus en plus importantes d'amidon. En effet son addition permet de pallier la dégradation de la qualité des fibres de récupération lors des opérations de recyclage.

La papeterie d'emballage est là particulièrement concernée car ce secteur est devenu gros consommateur de papiers de récupération dont le taux d'incorporation peut ici atteindre 100% contre 7% maximum dans les papiers à usage graphique. La dégradation de la qualité de la fibre cellulosique consécutive à l'opération de recyclage conduit à augmenter l'apport d'amidon par surfacage jusqu'à environ 5% de la masse du papier alors que le taux moyen, tous papiers confondus, n'est que de 2,8% environ.

Cette situation a permis une augmentation substantielle de l'emploi de l'amidon "B" de blé qui est très "handicapé", compte tenu de sa qualité moindre, pour la production de papiers nécessitant un degré élevé de blancheur.

- l'amidon de surfacage

C'est le poste qui représente les consommations les plus massives.

Un film d'amidon est déposé sur les deux faces de la feuille de papier à l'aide d'une presse-encolleuse. Cette feuille traverse une solution aqueuse d'amidon cuit entre deux rouleaux tournant à grande vitesse.

Cette opération permet de renforcer la cohésion des fibres superficielles de la feuille. Elle évite ainsi le peluchage du papier pour les usages en impression et en écriture.

L'amidon utilisé à ce stade de la fabrication du papier est peu transformé. Il est bon marché et n'a aucun concurrent.

- l'amidon de couchage

Le couchage consiste à déposer sur le papier un revêtement qui masque les irrégularités de la surface. Il permet aussi de substituer à la macroporosité naturelle

(effet buvard) une microporosité artificielle rendant possible l'écriture ou l'impression.

Ce revêtement est constitué de matières minérales comme le kaolin ou le carbonate de calcium. Celles-ci sont unies entre elles et au support cellulosique par un adhésif. Celui-ci peut être de l'amidon ou de la caséine. C'est le plus fréquemment un mélange des deux avec un latex de caoutchouc synthétique, du butadiène-styrène par exemple.

Malgré un prix inférieur et des qualités de rigidité et de fixation des colorants appréciables, l'amidon subit de plus en plus la concurrence du latex. Celui-ci possède en effet des caractéristiques plus adaptées aux performances des machines actuelles employées à la fabrication du papier qui font défiler la feuille à des vitesses dépassant 60km/h.

L'accroissement du recyclage du papier, principalement dans le domaine des cartons renforce les perspectives d'accroissement de la consommation d'amidon. Celui-ci se trouve là dans une situation concurrentielle très favorable.

La consommation d'amidon a ainsi évolué de la façon suivante de 1970 à 1992 (en tonnes) :

	1970	1980	1990	1992
Consommation d'amidon	47 000	130 000	195 000	194 000
Production de papier et cartons	4 134 000	5 151 000	7 049 000	7 697 000

Source : COPACEL et CTP (cité dans le bilan 1989-1992 du programme Aliment 2002)

A la suite de MM. Jean-Pierre Meaume et Jean-Luc Perrin du Centre Technique du Papier on fera quelques commentaires sur les données de ce tableau.

- L'évolution de la consommation d'amidon

Le développement de celle-ci a été remarquable entre 1970 et 1980.

Cet accroissement a été dû à l'augmentation de l'utilisation des vieux papiers et à la croissance de la vitesse des machines à papier nécessitant des adjuvants facilitant l'égouttage de l'eau lors de la formation des feuilles. Une autre raison a résidé aussi dans l'augmentation des taux de charges minérales demandant l'addition croissante d'agents de rétention.

Ce développement a été plus faible entre 1980 et 1986 avec la hausse du prix de l'amidon et la concurrence croissante d'autres liants comme les latex en couchage et en surfaçage.

Une reprise s'est effectuée à partir de 1986 sous diverses influences.

Il y a eu tout d'abord une baisse des prix liée à la mise en œuvre de la restitution communautaire à la production que nous évoquerons plus loin. L'amidon de blé a commencé sa pénétration dans les usages industriels et a concurrencé l'amidon de maïs et le fécule de pomme de terre. Il y eut enfin un accroissement de l'utilisation des fibres recyclées, l'apparition de nouvelles sortes de papiers, tels les papiers pigmentés, et la mise au point de nouvelles techniques de couchage et d'enduction.

A partir des années 1990, par contre, le rythme de la consommation d'amidon a eu tendance à se ralentir. Actuellement, 2,5 millions de tonnes d'amidon sont produites pour des utilisations non alimentaires, cette valeur semblant stabilisée depuis quelque temps.

- La consommation par types d'amidon

La période 1970-1992 a été caractérisée par le développement de la consommation des amidons natifs au détriment des amidons transformés : ils passent de 26% en 1970 à 74% en 1992.

Par contre, les amidons cationiques de masse ont eu un développement important. Ils représentent actuellement plus de la moitié des amidons transformés.

- La consommation par matière première

La période 1980-1990 a été marquée par le fort développement de l'amidon de blé essentiellement au détriment de l'amidon de maïs : 44 000 tonnes en 1992 contre 7 000 tonnes en 1980. Il représente actuellement plus du cinquième des amyloacés utilisés en papeterie. Cet essor est dû initialement à un avantage de prix mais aussi à d'importants progrès techniques dans tous les procédés d'incorporation.

La fécule de pomme de terre a poursuivi, quant à elle, sa progression, en conservant une position dominante dans le surfaçage des papiers d'impression et d'écriture ainsi que dans les amidons cationiques.

Liées au secteur de la papeterie, un certain nombre d'industries fabriquent également, essentiellement à partir de fécule de pomme de terre, tout un ensemble de colles et d'adhésifs.

b - Les industries des fermentations

Nous n'examinerons dans ce paragraphe que l'industrie des fermentations. Les fabrications de détergents et de biopolymères, à partir d'amidon encore largement du domaine de la recherche, seront, quant à elles, évoquées dans le chapitre cinq du présent rapport.

Comme l'a rappelé M. Bernard Godon dans un récent rapport élaboré à partir des discussions menées au sein d'un groupe "Valorisation non alimentaire des produits agricoles" (ValNAPA) du Comité des applications de l'Académie des Sciences (C.A.D.A.S.), des traitements physiques, chimiques ou thermomécaniques permettent d'obtenir facilement de l'amidon pur sous forme de poudre ou de sirop. Le glucose, qui est, comme on l'a vu, un composant monomère de l'amidon est facilement obtenu à partir de celui-ci.

L'amidon peut donc être utilisé pour des valorisations non alimentaires sous forme polymérisée native ou modifiée. La modification vise alors à augmenter sa réactivité. Elle peut aussi consister en traitements chimiques, essentiellement acides, et/ou enzymatiques qui le transforment en maltose, maltodextrines ou même en glucose. Ces composés peuvent être utilisés comme sources de carbone pour des fermentations ou constituer des produits de départ de synthèses chimiques ou enzymatiques. M. Bernard Godon note qu'ils peuvent alors subir des oxydations, réductions, acylations, alkylations, isomérisations.

Il faut noter que le glucose employé par les industries de la fermentation vient pour 19% de l'hydrolyse de l'amidon, le reste étant issu des mélasses ou autres sous-produits des sucreries.

La liste des produits qu'il est possible d'obtenir par la technique de la fermentation est longue. Un grand nombre sont des molécules à usage médical et à très forte valeur ajoutée. Mais ces produits, du fait des quantités relativement réduites produites, ont en fait peu d'impact sur la masse de la production de matières premières nécessaires.

Parmi ceux-ci on peut citer : les acides aminés, les acides organiques, les solvants, les enzymes, les antibiotiques. Pour beaucoup, comme nous aurons l'occasion de le voir, la voie fermentaire est en compétition avec la synthèse chimique à base d'hydrocarbures. Par contre pour certains produits comme les acides aminés tels que l'acide glutaminique ou la lysine, et les acides organiques comme les acides citrique, lactique, itaconique ou gluconique, la synthèse biologique est tout à fait concurrentielle avec la synthèse pétrochimique.

A la suite de M. Bernard Godon, on peut donner quelques exemples d'applications concrètes de ces produits.

Ainsi l'acide citrique est utilisé pour 20% de sa production par l'industrie pharmaceutique, en cosmétologie ou comme additif à des détergents ou des ciments.

L'acide itaconique, synthétisé par un *Aspergillus*, est utilisé comme monomère dans des résines acryliques.

L'acide lactique est utilisé en chimie fine et par l'industrie pharmaceutique. Il sert également de monomère pour des résines thermoplastiques ou méthacryliques.

L'oxydation du glucose par l'oxygène en présence de catalyseur peut produire différents intermédiaires partiellement oxydés dont le produit ultime est le diacide. Le glucarate de sodium est ainsi un produit industriel intéressant car, en présence de borax, il piège les ions calcium. Il est donc de ce fait un remplaçant des phosphates dans les détergents. Nous évoquerons plus loin en détail ces possibilités.

L'acide gluconique peut être obtenu par déhydrogénation oxydative en présence de platine et en milieu basique. On peut aussi envisager des oxydations chimiques ou électrochimiques sur le glucose ou le maltose. Cependant cet acide gluconique est obtenu le plus souvent par oxydation enzymatique du glucose grâce à la glucose-oxydase produite par *Aspergillus niger*. Cet acide gluconique dont la production, sous forme libre ou de sels, est estimée à 45 000 tonnes entre dans la formulation des décapants et des peintures pour métaux. Il est aussi utilisé comme additif dans les ciments ou en pharmacologie pour combler des carences en calcium.

D'autres réactions provoquent des substitutions de l'hydrogène d'un ou plusieurs groupements hydroxyles par des chaînes hydrocarbonées. C'est ainsi le cas de l'alkylation. Dans celle-ci la combinaison d'un résidu glucidique, hydrophile avec un acide ou un alcool aliphatique à longue chaîne hydrocarbonée conduit à des surfactants non ioniques, non toxiques et biodégradables.

Dans le cadre de ce rapport, il n'est pas possible de donner une vue exhaustive de toutes les productions possibles à base d'amidons. Quelques 600 produits issus de l'amidon peuvent être recensés. Nous ne pouvons donc en donner qu'un aperçu très partiel. Cependant l'idée à retenir est que cette matière première est potentiellement très riche de possibilités de productions.

Les utilisations non alimentaires de l'amidon et de ses dérivés sont depuis longtemps une réalité dans différents secteurs.

Mais comme nous l'avons dit plus haut il convient de noter que, sans une réglementation européenne particulière, "la réglementation amidon", ce secteur

n'aurait peut-être pas acquis le développement qui a été le sien depuis bientôt une quinzaine d'années.

C - La réglementation "amidon"

Depuis de nombreuses années, pour des raisons technologiques et pour profiter au maximum des progrès des biotechnologies, les industriels s'étaient orientés vers l'utilisation des sirops de glucose comme source de carbone pour les fermentations.

Mais une difficulté n'a pas tardé à survenir du fait de la différence entre le prix garanti à l'intérieur de la Communauté européenne et le prix mondial, beaucoup plus bas, des céréales dont peut provenir le glucose. Cette dichotomie a constitué alors un handicap majeur pour un certain nombre de productions de masse pour lesquelles le coût du substrat représente de 30 à 70% du coût de fabrication.

Certaines industries européennes se sont ainsi trouvées proprement menacées de disparition pure et simple. Ce fut notamment le cas des productions d'acides aminés et d'acide citrique. En effet les pays concurrents, et notamment ceux de l'Association européenne de libre échange (A.E.L.E.), achetaient au cours mondial des céréales dont la Communauté européenne avait subventionné l'exportation. Ils exportaient ensuite vers les pays de cette Communauté européenne les produits transformés et notamment l'acide citrique, les acides aminés, les antibiotiques et les enzymes qui se trouvaient peu taxés. Leur position concurrentielle était alors naturellement extrêmement avantageuse; elle devenait même parfaitement insoutenable pour les industries communautaires.

En 1986, pour obvier aux problèmes posés par cette concurrence intense, une réglementation a été édictée (règlement 1009) pour corriger ces effets pervers.

Selon cette réglementation, certains produits dérivés des céréales et voués à une utilisation industrielle non alimentaire bénéficient d'une restitution à l'utilisation qui compense l'écart de cours entre les marchés mondiaux et européens.

Par le biais de la restitution calculée sur la base de l'amidon consommé, cette réglementation a conforté l'amidon comme plaque tournante des applications industrielles des céréales.

Le règlement de 1986 a été renouvelé en 1993.

Enfin on signalera qu'un règlement européen est intervenu en juillet 1994. Il a été édicté par la Commission européenne à la suite notamment de l'entrée dans l'Union européenne des *Länder* de l'ancienne République démocratique allemande, grands producteurs de fécule de pomme de terre, et des déséquilibres intervenus sur le marché de certaines productions végétales.

Ce règlement a ainsi plafonné de façon globale la production de fécule en fonction des références de production au cours des années précédentes, ce quota étant ensuite réparti entre les membres de l'Union européenne.

Avant de conclure sur ce chapitre des utilisations de l'amidon, il convient cependant de mentionner que l'inconvénient majeur de l'utilisation de l'amidon réside dans la pollution organique entraînée par le rejet des eaux résiduaires (eaux blanches).

Le traitement de cette pollution nécessite des installations onéreuses au sein des stations d'épuration. En fait ces nuisances pourraient être réduites voire même éliminées par l'emploi aux trois stades de fabrication de produits amylacés au taux de rétention augmenté. Ceux-ci, comme par exemple les amidons ioniques et les sels d'amidon, existent déjà. Ils font l'objet d'une demande croissante de la part des papetiers confrontés aux exigences actuelles de plus en plus sévères pour la protection de l'environnement en matière d'épuration des eaux industrielles.

Il semble cependant que, dans ce domaine, un travail important reste encore à faire. Celui-ci se situe d'abord au niveau fondamental de la compréhension des mécanismes de fixation de l'amidon sur la cellulose. Des progrès sont également à faire au point de vue technico-économique, avec l'amélioration des taux de rétention, l'adéquation des caractéristiques de ces produits avec la technologie papetière (pouvoir liant, propriétés rhéologiques, concentration maximale d'utilisation...) et la réduction des coûts de fabrication.

Les spécialistes du Centre de valorisation des glucides et des produits naturels d'Amiens que nous avons rencontrés estiment cependant qu'à court terme, les secteurs concernés par les produits amylacés et leurs dérivés ne progresseront pas de façon appréciable. Ils basent cette opinion sur le fait que les prix ont déjà atteint un plancher assez bas pour un produit très purifié et aux nombreuses fonctionnalités chimiques.

Il n'en reste pas moins qu'il nous semble tout à fait important de continuer les études de développement des utilisations de cette matière première qui peut être produite de façon abondante et à bas prix.

Il convient cependant de noter que le bas prix de revient de la matière première est un facteur fondamental pour l'industriel utilisateur. Il n'en est évidemment pas de même pour l'agriculteur producteur qui, lui, a intérêt à vendre sa production au plus haut prix. Cette contradiction des intérêts est tout à fait évidente pour l'amidon. C'est un problème commun à quasiment toutes les matières premières agricoles utilisées à des fins alimentaires. Aussi le retrouverons-nous dans chacun des chapitres suivants, et notamment dans celui consacré aux biocarburants, avant de le discuter plus loin dans ce rapport.

4 - Des espoirs : la production de biocarburants

Compte tenu de leur importance il semble nécessaire tout d'abord de faire quelques remarques liminaires sur les biocarburants. Nous aborderons ensuite leurs techniques d'élaboration avant d'en examiner les caractéristiques. Il paraît utile de faire le point sur les principales réalisations élaborées dans ce domaine avant de s'interroger sur leurs coûts et sur leurs effets à l'égard de l'environnement.

A - Quelques remarques liminaires

Il convient de rappeler que, au sens large, un carburant est un composé chimique, le plus souvent liquide ou gazeux dont la combustion en présence d'air permet l'obtention d'énergie mécanique dans les moteurs thermiques.

A l'origine, la dénomination "carburant" était réservée aux produits utilisés dans les moteurs classiques à allumage commandé munis d'un carburateur et d'un système d'allumage par étincelle. Ce terme s'applique maintenant à l'ensemble des produits alimentant les différents types de moteurs qui sont, concernant l'automobile essentiellement au nombre de deux : les moteurs classiques à essence et ceux à allumage par compression couramment appelés du nom de leur inventeur, Diesel. Ces carburants sont des combustibles formés essentiellement de carbone et d'hydrogène (CH).

Les principales caractéristiques d'un carburant sont :

- un pouvoir calorifique élevé,
- une bonne résistance à la détonation (sauf pour les carburants Diesel),
- la possibilité de former avec l'air un mélange facilement inflammable,
- une homogénéité maximale,
- l'aptitude à supporter les variations de température,
- la production, après combustion, de résidus, exempts de produits solides ou gazeux polluants,
- l'absence d'effets corrosifs sur les organes mécaniques.

Classiquement les carburants sont des mélanges d'hydrocarbures issus des opérations de raffinage et de transformation du pétrole brut. De tels carburants peuvent aussi être obtenus à partir de la houille. Les périodes historiques de grande pénurie de pétrole ont vu se mettre en place une telle production qui a cessé immédiatement avec le retour à l'abondance en matière d'hydrocarbures fossiles.

Ces carburants peuvent également être produits à partir de la biomasse.

On peut citer parmi ces carburants :

- le méthanol issu du gaz de synthèse $\text{CO} + \text{H}_2$ que l'on peut fabriquer notamment à partir du bois,

- l'alcool éthylique, appelé éthanol, tiré de la fermentation des sucres en C_6 contenus dans certaines plantes,

- le système butanol-acétone obtenu également par la fermentation des sucres en C_6 et en C_5 , ces derniers pouvant résulter de l'hydrolyse de l'hémicellulose abondante dans les végétaux,

- les esters méthyliques fabriqués à partir des oléagineux : colza, tournesol, soja.

Ces carburants ont depuis très longtemps retenu l'attention, comme nous l'avons déjà vu dans le premier chapitre de ce rapport.

Actuellement on ne retient sérieusement que trois produits :

- l'éthanol,

- un produit résultant de la combinaison d'éthanol et d'isobutène, l'éthyl-tertio-butyl-éther (E.T.B.E),

- les esters méthyliques de plantes oléagineuses.

L'attention portée à ces carburants a été considérablement renouvelée par les nouvelles dispositions de la nouvelle politique agricole commune. Celle-ci instaure, comme on l'a déjà vu, le gel d'un certain nombre de terres pour la production de matières premières à finalité alimentaire et la possibilité de cultiver sur ces terres des plantes affectées à la production de biens à utilisation non alimentaire.

Tous ces carburants résultent d'un processus de fabrication précis.

B - L'élaboration de ces biocarburants

Nous examinerons successivement l'élaboration de l'éthanol, de l'éthyl-tertio-butyl-éther et des esters méthyliques de plantes oléagineuses.

a - L'élaboration de l'éthanol

Pour produire l'éthanol, on emploie habituellement deux grandes catégories de substrats agricoles.

On utilise d'abord des matières contenant des sucres directement fermentescibles comme les betteraves sucrières ou fourragères ou les sous-produits des sucreries. On inclut également dans cette catégorie les produits contenant des polysaccharides qui doivent subir au préalable une hydrolyse enzymatique pour être transformés en sucres. C'est le cas du blé et du maïs contenant de l'amidon.

Peuvent être également utilisées pour cette fabrication les matières lignocellulosiques du bois et des déchets de l'agriculture comme la paille de blé ou les tiges de maïs. Cependant la transformation de la cellulose en sucre fermentescible est moins aisée et nécessite une hydrolyse acide ou enzymatique précédée ou non de prétraitement mécanique afin d'éliminer la lignine protégeant la cellulose.

La fabrication de l'éthanol s'effectue alors en plusieurs étapes.

La matière première est d'abord traitée et transformée en un jus fermentescible séparé des sous-produits.

La fermentation du jus est ensuite assurée par des levures du type *Saccharomyces*. Cette opération se déroule en continu à une température de 32-33°C en anaérobiose partielle et à pH stabilisé. Le moût fermenté obtenu contient 6,5% en poids d'éthanol, sauf dans le cas de matières premières cellulosiques où la concentration n'excède pas 2 à 3%. Cette faible proportion d'éthanol résulte du fait que la présence même de ce produit inhibe la réaction de fermentation.

L'éthanol est ensuite extrait du milieu en deux étapes par distillation. Une première distillation classique permet d'obtenir de l'éthanol à 95%, les 5% restant étant de l'eau. Une seconde distillation, azéotropique, conduit enfin à l'éthanol anhydre que l'on peut utiliser dans les carburants.

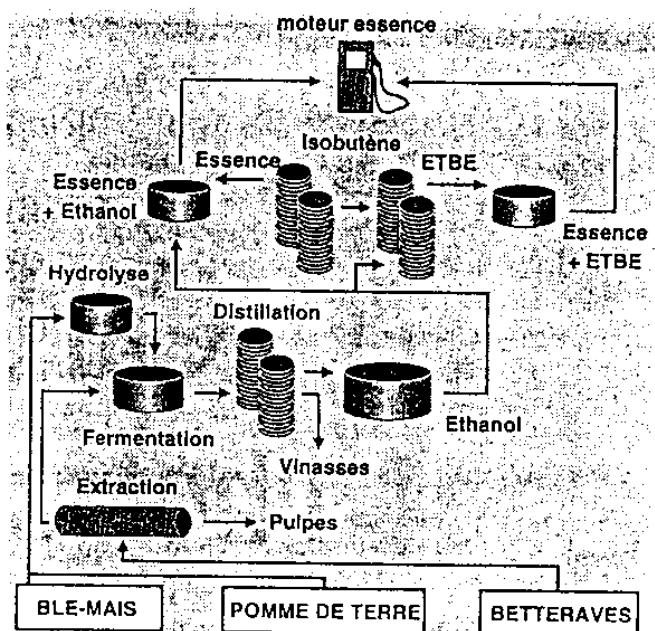
Ce processus de fabrication amène à la production de sous-produits :

- pulpes et tourteaux en cas de fabrication à partir de betteraves
- son et drêches, c'est-à-dire fraction non fermentée de la farine riche en protéines, dans le cas d'élaboration à partir de blé.

- L'élaboration de l'éthyl-tertio-butyl-éther (E.T.B.E.)

L'E.T.B.E. est formé de la combinaison de 45% d'éthanol et de 55% d'isobutène issu du pétrole.

Le schéma de fabrication de l'éthanol et de l'E.T.B.E. est le suivant :



c - L'élaboration des esters méthyliques d'oléagineux

Nous évoquerons la fabrication de l'ester méthylique de colza.

Le procédé de fabrication est l'estérification, mise au point par l'Institut français du pétrole (I.F.P.).

Il faut tout d'abord obtenir de l'huile à partir des graines de colza. Pour ce faire les graines sont triturées c'est-à-dire laminées, cuites puis écrasées. Les résidus solides de graines forment des sous-produits, les tourteaux. L'huile ainsi obtenue est formée d'une molécule d'alcool, le glycérol, à laquelle sont "accrochées" trois molécules d'acides gras.

Ce processus de fabrication donne des sous-produits : les tourteaux et la glycérine.

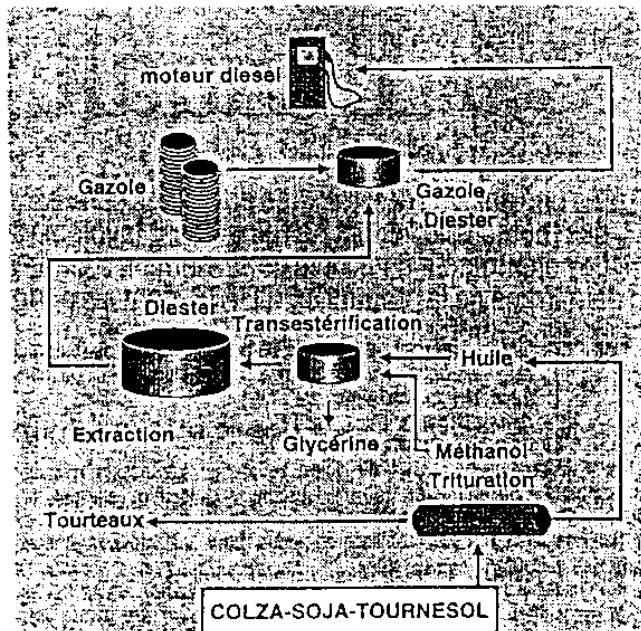
Les huiles végétales sont en fait connues depuis longtemps comme pouvant servir de carburant pour moteur Diesel. Dans les années 1960 avait été ainsi étudié un moteur Diesel polycarburant. Cependant leur usage dans les moteurs classiques s'est trouvé rapidement limité parce que leurs propriétés sont relativement éloignées de celles du gazole. D'une part elles ont une trop forte viscosité, ce qui nécessite de les réchauffer préalablement à leur utilisation. D'autre part leur indice de cétane représentatif de la capacité d'allumage sous pression (de 30 à 40) est plus faible que celui du gazole (supérieur à 48). Enfin leur température limite de filtrabilité est trop élevée.

L'estérification consiste alors à faire réagir dans un réacteur agité cette huile de colza avec du méthanol en présence d'un catalyseur alcalin chauffé à 80°C. En sortie, les esters méthyliques et le sous-produit, la glycérine, sont séparés par décantation. Les esters sont enfin purifiés par déminéralisation sur des résines échangeuses d'ions.

Le bilan matière est le suivant à partir de l'huile :

1 tonne d'huile + 0,1 tonne de méthanol $\Rightarrow$ 1 tonne d'ester + 0,1 tonne de glycérine

Le schéma de production de l'ester méthylique d'oléagineux est le suivant :



Il faut noter que la fabrication de ces biocarburants s'accompagne d'une production importante de coproduits. Il est nécessaire de prendre en considération

les modes possibles d'utilisation et de valorisation pour accroître la compétitivité économiques des filières. Il faut aussi prendre en compte leur éventuelle élimination pour éviter la production de matières dangereuses pour l'environnement.

On peut prendre ainsi l'exemple du sous-produit de la production d'ester méthylique de colza, le glycérol. Celui-ci ne pourrait pas facilement être absorbé par le marché en cas de fabrication à grande échelle de ce biocarburant. En effet le marché et ses usages actuels ne permettraient pas d'envisager une valorisation directe de ce sous-produit. Par contre les voies microbiennes de conversion de ce glycérol offrent d'intéressantes perspectives.

Aussi des recherches sont-elles menées à l'heure actuelle, notamment à l'I.N.R.A., sur les micro-organismes capables d'assimiler ce glycérol et de le transformer en métabolites d'intérêt industriel.

Il convient maintenant de s'interroger sur les caractéristiques de ces carburants.

C - Les caractéristiques de ces carburants

Nous envisagerons successivement l'éthanol, l'E.T.B.E. et les esters méthyliques d'oléagineux.

a - L'éthanol

L'utilisation de l'éthanol comme carburant pose un certain nombre de problèmes techniques.

Tout d'abord il faut signaler que l'on écarte l'utilisation d'éthanol pur qui n'est pas possible sans des modifications radicales et très importantes des moteurs des automobiles. Cela aboutit en fait à des moteurs totalement différents. Certains pays, comme par exemple le Brésil ainsi que nous le verrons plus loin, ont fait ce choix. Il ne semble pas possible d'imaginer cette voie en France et en Europe.

Il faut ensuite examiner l'adjonction partielle d'éthanol dans les carburants.

Comme l'a indiqué M. Raymond Lévy dans la partie technique de son rapport, le taux d'incorporation qui semble le plus approprié est de 5%. En effet, pour des taux supérieurs, des problèmes de démarrage à froid risquent de se poser. Des taux inférieurs, par contre, entraîneraient une plus grande vulnérabilité.

L'introduction d'éthanol dans le carburant conduit à un accroissement de pression de vapeur et d'indices de volatilité qui font l'objet de spécifications précises. Celles-ci sont indispensables pour un certain nombre de raisons qui tiennent au fonctionnement des moteurs. En effet une volatilité trop élevée peut

créer d'une part des problèmes de démarrage à chaud et, d'autre part, entraîne un taux d'évaporation important, accroissant ainsi l'émission de composés organiques volatils.

Un autre problème se pose : celui de la coexistence de l'eau et de l'éthanol, comme le souligne le rapport de M. Lévy.

En effet, l'incorporation directe d'éthanol dans le carburant peut conduire à la limite au phénomène de démixtion. Celui-ci consiste en la séparation, en présence de faibles quantités d'eau, du mélange essence-éthanol et en la migration de l'éthanol vers l'eau presque toujours présente à de faibles pourcentages. Ce phénomène perturbe le bon fonctionnement du moteur. En effet la séparation de la phase eau-éthanol-hydrocarbures peut créer des problèmes de corrosion, entraîner des ennuis de conduite lors du démarrage et des pertes de puissance..., et, sur des véhicules anciens, à des problèmes de tenue de joints. Enfin ces difficultés se retrouvent au niveau de l'appareil de production et du réseau de distribution qui doivent être parfaitement être exempts d'eau, ce qui peut entraîner des coûts importants.

L'éthanol, au contraire de l'essence classique, est un carburant dit "oxygéné", c'est-à-dire qu'il renferme une partie de l'oxygène nécessaire à sa combustion : son pouvoir calorifique intrinsèque est donc inférieur, de 33%, à celui d'un supercarburant ordinaire. La conséquence de cette caractéristique est que, à puissance égale, la consommation des véhicules l'utilisant augmente quelque peu.

L'emploi de l'éthyl-tertio-butyl-éther ne présente pas ses difficultés.

b - L'éthyl-tertio-butyl-éther

Ce produit est obtenu en recombinaison un hydrocarbure pétrolier, l'isobutène, et l'éthanol. Il est très important de noter qu'il est analogue dans son comportement comme constituant des essences à son homologue, le méthyl-tertio-butyl-éther (M.T.B.E.), produit par réaction de l'isobutène et du méthanol, obtenu à partir du gaz naturel.

L'E.T.B.E. ne présente pas certaines défauts de l'éthanol.

En particulier il ne semble pas qu'il nécessite l'ajout d'additifs visant à contrecarrer les dépôts sur les soupapes d'admission des moteurs ainsi alimentés. Par contre une certaine surconsommation devrait certainement être prévue par rapport à la consommation de carburant classique.

En fait trois raisons essentielles conduisent les constructeurs de moteurs pour automobiles et les sociétés pétrolières à affirmer leur préférence de l'E.T.B.E. par rapport à l'éthanol :

- meilleure maîtrise de la volatilité,
- totale absence de réaction vis-à-vis des traces d'eau,
- gains élevés de la valeur de l'indice d'octane moteur, celui de l'E.T.B.E. étant compris entre 97 et 101.

c - Les esters méthyliques d'oléagineux

Les caractéristiques physico-chimiques des esters sont voisines de celles du gazole. Il est donc possible de les utiliser purs ou en mélange avec du gazole dans les moteurs Diesel classiques des véhicules routiers.

A l'heure actuelle le produit le plus utilisé est l'ester méthylique de colza.

Ces caractéristiques sont les suivantes :

	Gazole	Huile de colza	Ester méthylique
Masse moléculaire moyenne	200	900	300
Masse volumique à 20°C (kg/dm ³)	0,82-0,84	0,92	0,88
Viscosité à 20°C (cst)	5	78	7,5
Point d'éclair (°C)	55/70	285	188
Point de trouble (°C)	-5/-8	-11	-3
Point d'écoulement (°C)	-18/-30	-21	-12
Température limite de filtrabilité (°C)	-15/-20	+20	-12
Indice de cétane	48/50	32/36	49
PCI* massique (kJ/kg)	42 600	37 400	33 175
PCI* volumique (kJ/dm ³)	35 500	34 300	33 175

* PCI : pouvoir calorifique inférieur

Source : Institut français du pétrole, cité par M. Raymond Lévy

On constate grâce à ce tableau combien sont éloignées les caractéristiques de l'huile de colza et du gazole. Par contre les similitudes entre ce carburant d'origine fossile et l'ester méthylique de colza ressortent avec évidence. L'ester méthylique de colza est donc un bon candidat au mélange avec le gazole.

Des essais décrits par M. Raymond Lévy dans son rapport ont été conduits avec des proportions diverses d'ester en mélange avec le gazole.

En conclusion de ces essais, il ressort :

- pour des taux de mélange de 5 à 10%, les variations des caractéristiques ne sont pas de nature à nécessiter une reformulation du gazole,
- l'encrassement des injecteurs reste très acceptable avec un mélange à 5% d'ester,
- il y a une légère surconsommation de carburant du même ordre que la variation de PCI,
- on peut noter un niveau sonore un peu plus élevé et également un moussage au remplissage du réservoir.

M. Raymond Lévy concluait donc qu'une incorporation de 5% d'ester méthylique de colza dans le gazole n'entraînait pas de conséquences réellement notable tant sur la consommation de carburant que sur l'agrément de conduite.

Indépendamment des facteurs de prix, le choix en matière de biocarburants doit donc, compte tenu des avantages et des inconvénients respectifs, se faire en faveur de l'éthyl-tertio-butyl-éther et des esters méthyliques d'oléagineux.

Il convient maintenant de décrire les différentes actions entreprises en ce domaine.

D - Les différentes actions entreprises dans ce domaine

Nous examinerons les réalisations dans ce domaine de la France et également d'autres pays.

a - La situation de la France

La situation de notre pays se caractérise par l'introduction banalisée de ces biocarburants dans les carburants et combustibles du commerce ainsi que par la réalisation d'un potentiel de production important tant en ce qui concerne l'éthyl-tertio-butyl-éther que pour l'ester méthylique de colza. De nombreuses expérimentations d'utilisation de l'ester méthylique de colza ont été mises en place afin d'évaluer ses qualités.

- L'incorporation banalisée des biocarburants

Ainsi l'arrêté du 16 septembre 1987 modifié par celui du 11 juillet 1991 ont autorisé l'incorporation d'éthanol (5% maximum) et d'E.T.B.E. (15% maximum) dans les essences et supercarburants.

L'adjonction d'ester méthylique de colza a été autorisée, quant à elle, dans le gazole au taux maximum de 5% et dans le fioul domestique selon les mêmes proportions respectivement par les arrêtés du 20 décembre 1993 et du 9 août 1994.

- Un potentiel de production important

- L'éthyl-tertio-butyl-éther

Actuellement pour cette filière, 19 unités de production d'éthanol ont été agréées pour un volume de 2,8 millions d'hectolitres par an.

La première usine de fabrication d'E.T.B.E. a été une usine de fabrication de méthyl-tertio-butyl-éther (M.T.B.E.) reconvertie appartenant au groupe ELF et située à Feyzin. Cette usine transforme 450 000 hectolitres d'éthanol par an pour une production de 77 000 tonnes d'E.T.B.E.

Deux autres usines de fabrication d'E.T.B.E. ont très récemment été mises en service par le groupe Total.

La première de celles-ci est implantée sur le site de la raffinerie Total de Dunkerque et fait appel à une technologie développée par l'Institut français du pétrole. Sa capacité est de plus de 50 000 tonnes d'E.T.B.E. par an, ce qui représente 300 000 hectolitres d'éthanol agricole. L'investissement est de 150 millions de francs. Les actionnaires de cette unité sont, outre Total (40%), le groupe alimentaire Eridania Béghin-Say (23%), Bio-éthanol Nord-Picardie (17%), l'Association générale des producteurs de blé et autres céréales (A.G.P.B.) et la Confédération générale des planteurs de betteraves (C.G.B.; 10% chacune).

La plus récente de ses unités est l'usine située sur le site de la raffinerie Total de Gonfreville, près du Havre. Celle-ci a une capacité de production de 59 000 tonnes par an. L'investissement est là aussi de 150 millions de francs. Total détient 40% du capital de cette entité, Ethanol holding 40% également, tandis que les 20% restant se partagent à parts égales entre l'Association générale des producteurs de blé et la Confédération générale des planteurs de betteraves.

Ces trois usines sont donc à elles trois capables d'une production totale d'environ 185 000 tonnes d'E.T.B.E. En réponse à un parlementaire, le ministre de l'industrie a indiqué au mois de mai dernier que cette production devrait atteindre 200 000 tonnes en 1997.

- L'ester méthylique de colza

La première unité française de production d'ester à l'échelle industrielle, l'usine Robbe de Compiègne, a commencé ses activités en avril 1993.

Les unités pilotes de production agréées existantes représentent actuellement une capacité maximale de 278 500 tonnes par an d'ester.

La plus grande unité européenne de production d'ester méthylique de colza a été ouverte à Grand Couronne près de Rouen en octobre 1995. Celle-ci a nécessité un investissement de 155 millions de francs pour une production de 150 000 tonnes par an d'ester.

En fonction de l'ouverture des marchés, une unité de 100 000 tonnes par an pourrait être mise en service en 1997 (à Nogent-sur-Seine) à laquelle s'ajouterait une augmentation de capacité des usines existantes.

L'association pour le développement des carburants agricoles (A.D.E.C.A.) a estimé qu'en 1996 70 000 m³ d'éthanol et 260 000 tonnes d'esters ont été produits. Pour 1977 les prévisions du même organisme sont respectivement de 100 000 m³ et d'environ 300 000 tonnes. En 1997, cette production devrait représenter environ 0,5% de la consommation intérieure de produits pétroliers, ce qui est encore modeste.

Mais sur le terrain cette production permettra l'exploitation de 24 000 hectares pour l'éthanol et de 270 000 hectares pour les esters méthyliques d'oléagineux.

La capacité installée totale pourrait ainsi s'établir à terme à 400 000 tonnes, ce qui permettrait de traiter 365 000 hectares de colza. Ce seuil peut paraître optimum dans la mesure où les accords du G.A.T.T. concernant la production communautaire d'oléagineux à des fins non alimentaires sur les terres gelées limite celle-ci à environ 900 000 hectares de colza dans l'Union Européenne.

Enfin il faut signaler qu'une marque commerciale, le Diester, a été déposée pour l'ester méthylique de colza.

- La mise en place d'expériences d'utilisation de l'ester méthylique de colza

Une importante opération expérimentale a été entreprise en janvier 1994 quand dix-sept villes ont fondé le Club des Villes Diester. Ce club, qui compte maintenant plus de trente membres, rassemble les collectivités qui expérimentent un carburant pour moteur Diesel incorporant de l'ester méthylique de colza à un taux supérieur au taux banalisé de 5%. Ce carburant est utilisé dans les flottes de véhicules municipaux et d'autobus urbains à des taux variables qui vont de 5% à

100%, c'est-à-dire jusqu'à une substitution totale. Les résultats de ces essais semblent montrer que les rendements technico-économiques optima soient obtenus avec des mélanges à des taux voisins de 30%.

Autre expérience d'utilisation de l'ester méthylique de colza : la mise ne service, en Lorraine, d'une centrale électrogène fonctionnant avec un mélange composé de 80% de mazout et de 20% d'ester. Cette centrale est équipée de quatre moteurs de 2 000 kVa chacun tournant à 1 200 tours/minute. Elle est destinée à fonctionner en pointe et il est prévu qu'elle fournira annuellement 2,57 millions de kW/h à E.D.F. Après quelques mois de fonctionnement, cette installation atteint un rendement énergétique de 40%. Il ne faut cependant point se celer que les moteurs de type Diesel tournent de façon correcte avec des produits comme les fiouls lourds ou les résidus de raffinage pétrolier, tous produits beaucoup moins élaborés et beaucoup moins coûteux que l'ester méthylique de colza.

La multiplication des expériences dans ce domaine en France est certainement due à une politique volontariste à la fois des organisations de producteurs et des pouvoirs publics.

Nous avons en effet vu que les producteurs de matières premières se sont impliqués financièrement dans la réalisation d'un certain nombre d'unités de fabrication de biocarburants. Ils participent aussi à la réalisation de nombre d'expériences telles celle du club des villes Diester.

De leur côté, les pouvoirs publics se sont attachés à élaborer un cadre réglementaire et fiscal favorable au développement de ces biocarburants afin de permettre la réalisation d'unités industrielles.

Cette action s'est essentiellement traduite par une série de mesures fiscales que nous examinerons plus loin dans le paragraphe consacré aux coûts de ces biocarburants. L'action réglementaire s'est traduite par les textes déjà évoqués permettant la banalisation de ces carburants.

Poursuivant cette action, le Premier Ministre, M. Alain Juppé, annonçait, le 8 février dernier, à l'occasion de la dernière conférence agricole, que la future loi sur l'air comprendrait un volet sur l'intégration obligatoire au plus tard en 2000 d'un taux minimal d'oxygène dans les carburants.

Cette obligation a été effectivement insérée dans la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (article 21-III).

Ces expériences se heurtent néanmoins toutes au problème des coûts de ces biocarburants que nous examinerons après avoir évoqué les expériences étrangères.

b - Les expériences étrangères

Nous évoquerons d'abord la situation aux Etats-Unis et au Brésil avant de dire quelques mots d'un certain nombre de pays européens.

- Les Etats-Unis

Dans ce pays, la production d'éthanol pour l'intégration dans les carburants s'est développée rapidement au début des années 1980. Cet éthanol est essentiellement fabriqué à partir de maïs. La production a atteint 3 millions de tonnes par an dès la fin des années 1980. Cela représentait environ 1% de la consommation nationale de carburant.

Cette production reste limitée géographiquement à environ une douzaine d'Etats très agricoles. Ce carburant comprenant de l'éthanol à hauteur de 10% en volume n'est distribué que ponctuellement dans une qualité unique dont la marque est Gasohol. Cette production reste cependant tributaire d'une exemption fiscale que nous évoquerons dans le paragraphe suivant.

Mais le "Comprehensive clean air act" de novembre 1990 a marqué un nouvel élan pour l'utilisation des biocarburants. Ce texte a en effet pour but de diminuer les émissions responsables des pluies acides et les polluants toxiques de l'air. L'utilisation d'éthanol comme carburant a donc sérieusement augmenté depuis 1990, l'essentiel de cet éthanol étant utilisé comme additif afin de remplir les obligations du "Clean air act".

Un autre texte, l'"Energy policy act" d'octobre 1992 exige notamment que le gouvernement augmente son parc de véhicules fonctionnant aux carburants alternatifs.

Les carburants ont fait également l'objet d'une reformulation visant à une réduction de la pollution par l'ozone, les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone.

Trois additifs ont été utilisés pour augmenter la teneur en oxygène des carburants à hauteur des 2% obligatoires. Le plus couramment employé dans la grande majorité des cas est le méthyl-tertio-butyl-éther (M.T.B.E.). Les autres moyens consistent en l'emploi de biocarburants à base d'éthanol et enfin l'utilisation de l'E.T.B.E. Il faut souligner que les carburants comprenant un pourcentage élevé d'éthanol ne représentent qu'une petite partie du marché des carburants alternatifs.

Depuis cette époque un certain nombre de mesures sont encore intervenues. Parmi celles-ci on peut citer en 1993, l'instauration d'aides de l'Etat au programme de développement du carburant et des technologies propres des autobus urbains et en 1995 la reconnaissance du bioDiesel comme carburant alternatif.

- Le Brésil

Ce pays est l'un de ceux qui possède l'expérience la plus importante en matière d'utilisation de biocarburant.

En 1973, suite au premier choc pétrolier et compte tenu de ses faibles ressources pétrolières, les autorités brésiliennes décidaient le lancement d'un plan "Proalcool". Ce plan était destiné à fournir au pays l'essentiel de son carburant et à permettre également de fournir du travail à une main d'œuvre surabondante.

Il s'agissait de produire de l'éthanol carburant à partir de la canne à sucre et de la cassave, une sorte de manioc. Les constructeurs automobiles furent alors invités à construire des véhicules fonctionnant entièrement à l'alcool. Pour les autres automobiles on ajoutait celui-ci à l'essence dans une proportion de 22%. L'éthanol était, selon ce plan, livré par les producteurs à la compagnie nationale brésilienne, Petrobras, à un prix fixé par le gouvernement pour permettre à la chaîne d'être rentable en amont. Petrobras revendait ensuite à perte cet éthanol sous forme de constituant du carburant national. De fait l'ensemble de la filière était massivement subventionné par Petrobras.

Comme le note l'étude réalisée par "Espaces pour demain", déjà citée, les objectifs autres que l'indépendance énergétique ont été des échecs. En effet, sur le plan social, les disparités régionales devaient être atténuées par le développement des cultures dans les régions défavorisées. C'est le contraire qui s'est produit : c'est l'Etat déjà le plus riche, São Paulo, qui le plus profité des nouvelles cultures de canne à sucre. Il n'y pas eu non plus stabilisation appréciable des emplois ruraux. En effet la canne à sucre ne procure qu'une activité saisonnière alors que la culture de la cassave, qui devait se développer parallèlement et a été en réalité négligée, aurait engendré une activité permanente.

Ce plan continue à s'appliquer mais il risque de devenir très difficile à financer dans l'avenir notamment avec la fin prochaine du monopole de Petrobras.

- Les autres pays

Certains pays européens comme l'Espagne ne font actuellement que s'interroger sur l'opportunité de s'engager dans une politique de production de biocarburants. Par contre d'autres comme l'Italie et la République fédérale d'Allemagne ont déjà une production significative. Certains autres comme le Danemark et les Pays-Bas semblent s'y refuser, mais ils sont, l'un et l'autre, très orientés vers le commerce international par voie de mer...

- l'Italie

L'Italie n'en est qu'au début de la production de biocarburants dans la mesure où la production de biogazole ne représente seulement qu'1% de la consommation

annuelle nationale de carburant. Ce biogazole est produit exclusivement à partir du colza ou du tournesol. L'utilisation finale se fait en mélange avec le carburant courant à hauteur de 30%. Pour le moment il n'est produit annuellement dans ce pays que 125 000 tonnes de biogazole.

Le gouvernement italien est actuellement en conflit avec la Commission des Communautés européennes concernant le régime de défiscalisation des biocarburants. En effet la défiscalisation en Italie est liée au type de matières premières alors que la norme communautaire exige que ne soit maintenue aucune forme de discrimination entre celles-ci.

- La République fédérale d'Allemagne

Les biocarburants font l'objet, dans ce pays, d'un certain nombre d'investissements dans la recherche.

Mais au niveau de la production, les capacités d'estérification sont très réduites, de l'ordre de 40 000 tonnes, et, pour ses expérimentations industrielles, le pays doit avoir recours à une entreprise italienne, Ferruzzi. Il semble que le marché allemand ne soit pas, à l'heure actuelle, susceptible de se développer autant qu'on avait pu le prévoir. La réglementation fiscale allemande aujourd'hui en vigueur n'encourage pas non plus cette production. En effet celle-ci ne prévoit de détaxation que pour les biocarburants purs. Cela entraîne une surtaxation de l'ester méthylique de colza par rapport au gazole, ce qui freine ainsi considérablement sa compétitivité.

Une des conséquences de cet état de fait est que les surfaces consacrées au colza-carburant se sont réduites entre 1995 et 1996, passant de 315 000 hectares à 240 000.

- Les Pays-Bas et le Danemark

Au delà du domaine des biocarburants ces deux pays, comme j'ai pu m'en rendre compte lors de missions, accordent de l'importance à l'utilisation non alimentaire des produits agricoles. Ils mènent dans ce domaine des actions de recherche novatrices que nous évoquerons plus loin dans ce rapport.

Je n'y ai pas constaté un désintérêt complet pour les biocarburants mais il ne me semble pas que ces pays soient disposés à s'y engager de façon très importante, que ce soit d'ailleurs au niveau politique ou à celui de la recherche.

Une des explications réside dans l'exiguïté des terres cultivables de ces deux pays qui y sont beaucoup moins abondantes qu'en France, par exemple. Le désintérêt n'est que relatif car, par exemple, du colza est cultivé aux Pays-Bas pour être exporté en R.F.A. qui procède à la fabrication d'ester méthylique.

Mais un des arguments les plus importants et revenant de façon récurrente pour expliquer ce relatif désintérêt pour les biocarburants est celui de leur non rentabilité et de la nécessité d'un soutien public que celui-ci soit accordé par le biais de subventions ou de détaxation. La faible valeur de cette valorisation des terres gelées est aussi avancée au passif des biocarburants, ces deux pays préférant vouer ces terres à la culture de plantes conduisant à des produits de plus haute valeur ajoutée.

Le problème du coût des biocarburants est important.

E - Les coûts des biocarburants

Le prix de revient des biocarburants amènera évoquer les coûts de fabrication qui sont encore tels, malgré leur amélioration, qu'ils rendent nécessaires des aides pour leur production, ces aides induisant un problème au niveau européen.

a - Les coûts de fabrication des biocarburants

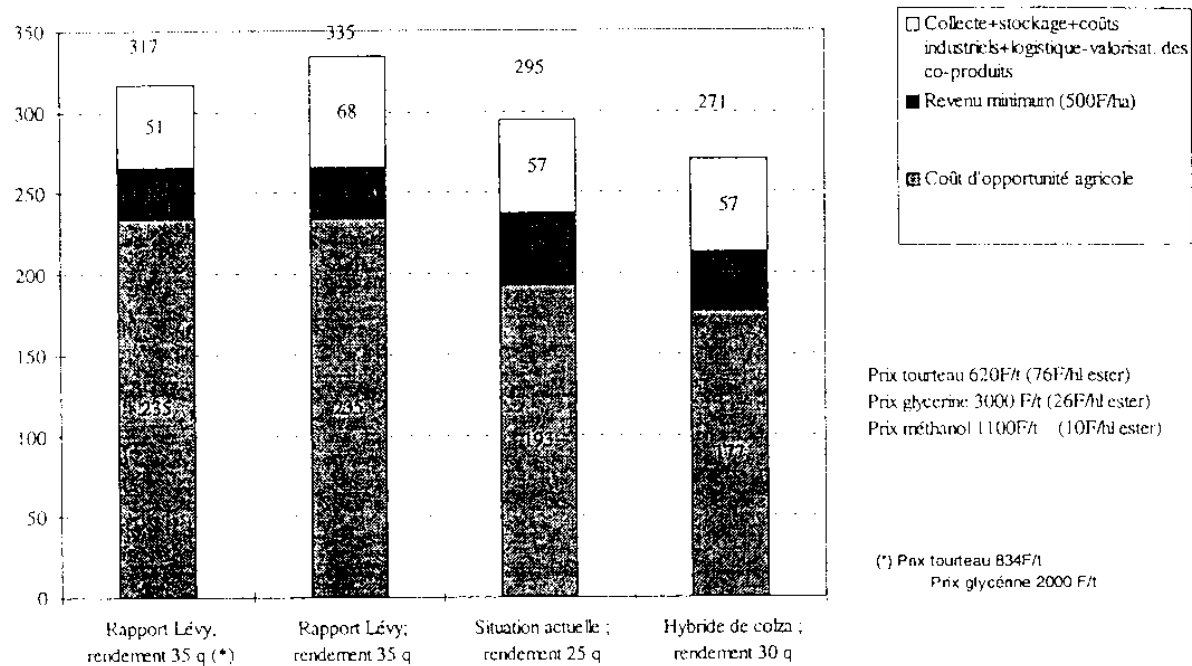
Comme il avait été indiqué dans l'étude de faisabilité, une étude économique exhaustive concernant la formation des coûts dans ce domaine des biocarburants ne sera pas proposée dans ce rapport. Cette position s'explique d'une part par le caractère extrêmement technique de cette matière et d'autre part par son aspect relativement spéculatif compte tenu des multiples facteurs d'incertitude existant dans ce secteur industriel.

Cependant pour fixer les ordres de grandeur en la matière nous nous sommes référés à l'analyse économique faite dans le rapport de M. Raymond Lévy et à l'actualisation effectuée il y a quelques mois par l'I.N.R.A.

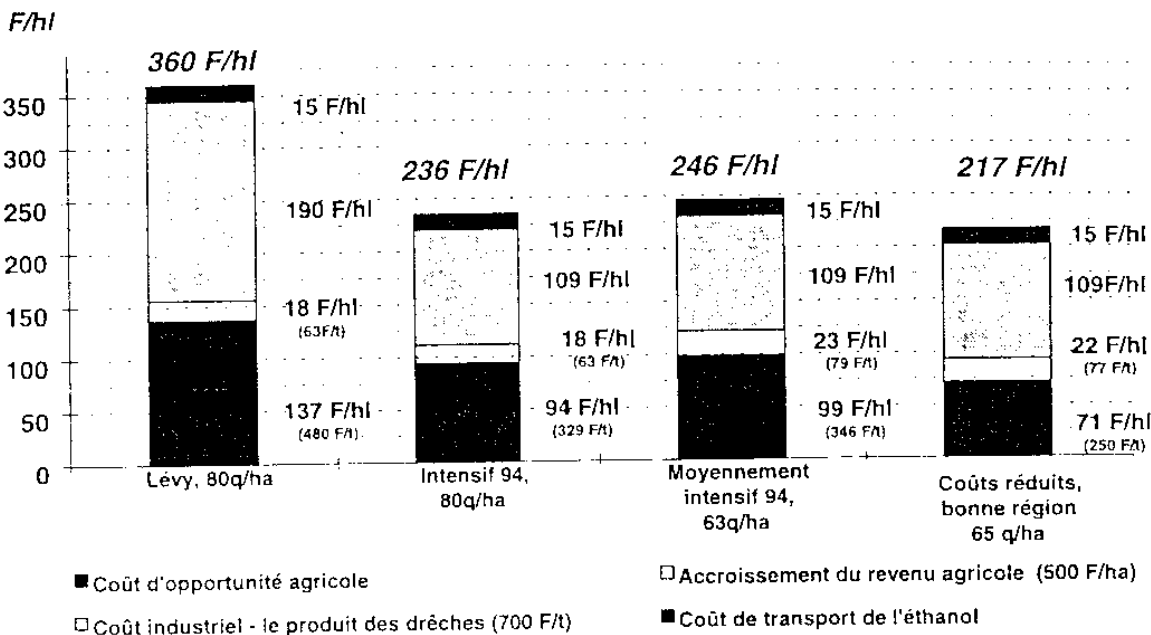
Il y a de façon incontestable une amélioration des coûts de production des biocarburants depuis la parution du rapport de M. Raymond Lévy.

Cette évolution est synthétisée par les diagrammes suivants :

- L'ester méthylique de colza (l'ordonnée étant en F/hectolitre):



- l'éthyl-tertio-butyl-éther :



Source : I.N.R.A.

On voit ainsi, à la suite de la mise en œuvre de la nouvelle politique agricole commune, que la baisse des prix du colza et du blé se traduit par une diminution des coûts de revient des hectolitres d'ester méthylique de colza et d'éthanol fabriqué à partir de blé. Ces prix chutent respectivement de 40 à 50 francs et de 25 à 35 francs.

Il y a eu notamment une économie croissante d'intrants.

C'est le cas pour les cultures de colza énergétique. Celle-ci est estimée à 500-600 francs par hectare depuis la récolte de 1991, référence du rapport de M. Raymond Lévy. Concernant le blé, la tendance est semblable. L'étude note que celle-ci, à laquelle il faut ajouter le coût d'entretien de la terre faisant l'objet du gel estimée à 300 francs, "entraîne une diminution notable du coût d'opportunité du blé, soit 151 francs par tonne ou encore 43 francs par hectolitre".

Il y a donc tendance certaine à la baisse du prix de revient des biocarburants.

Celle-ci devrait normalement s'accroître dans l'avenir compte tenu de la mise en service d'unités industrielles de fabrication de plus en plus performantes.

Ainsi M. Raymond Lévy a raisonné pour la fabrication de l'ester méthylique de colza sur l'usine Robbe de Compiègne d'une capacité de 20 000 tonnes d'ester par an. La mise en service de l'usine de Rouen d'une capacité de 150 000 tonnes par an, à laquelle nous avons déjà fait allusion, permet de constater cette baisse du prix de revient de l'ester compte tenu d'une meilleure productivité et d'une amélioration des coûts de collecte, de stockage et de transport.

Cette amélioration des coûts de revient est aussi envisageable pour la production d'éthanol et d'éthyl-tertio-butyl-éther. Mais cette perspective semble devoir intervenir à plus long terme. Cela sera sans doute le cas lorsque les très récentes unités de fabrication d'E.T.B.E. seront amorties. Cette baisse à venir des prix de revient sera également la conséquence probable de la mise en service des usines de production d'E.T.B.E. de seconde génération. Celles-ci seront vraisemblablement des unités mixtes fonctionnant à partir de la betterave au cours des périodes d'arrachage et à partir du blé le reste de l'année.

Cependant cette évolution, pour positive qu'elle soit, n'est pas encore du domaine du présent. Il ne faut point se celer en effet, qu'actuellement, le coût des biocarburants est encore élevé et ne supporte pas la comparaison avec les hydrocarbures. C'est ainsi que l'ester méthylique de colza et l'éthyl-tertio-butyl-éther reviennent tous les deux environ deux à trois fois plus cher que leurs concurrents obtenus à partir du pétrole, compte tenu des prix mondiaux du marché, c'est-à-dire 24\$ par baril de brut.

C'est pourquoi l'objectif principal des actions de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (A.D.E.M.E.) vise à favoriser toutes les actions

tendant à ramener le coût de production des biocarburants aux environs de 2 francs par litre. Ce niveau de prix leur permettrait d'être globalement compétitif avec les carburants classiques.

Les aides à la production de ces biocarburants demeurent donc aujourd'hui nécessaires.

b - Les aides à la production de ces biocarburants

Ces aides prennent le plus souvent la forme d'une détaxation. C'est par exemple le cas aux Etats-Unis et en France.

- Les Etats-Unis

Pour décrire le système de détaxation de ces carburants dans ce pays, je m'appuierai sur le rapport élaboré très récemment par notre collègue M. Jean-Pierre Bastiani, député de la Haute-Garonne, dans le cadre d'une mission que lui a confiée M. le Premier Ministre sur l'expérience des biocarburants aux Etats-Unis.

M. Jean-Pierre Bastiani remarque tout d'abord que "dès 1978, une exonération nationale de 6 cents (7,9c/l) par gallon d'essence contenant 10% d'éthanol était entrée en vigueur." Il poursuit en notant qu'actuellement "l'exonération est de 5,4 cents (7,1c/l) sur les 18,4 cents frappant un gallon d'essence (24,3 c/l). En d'autres termes, le produit d'un mélange de 9 gallons d'essence avec un gallon d'éthanol, soit 10 gallons, est exonéré de 54 cents. L'exonération fiscale réelle est donc de 54 cents par gallon d'éthanol."

- La France

L'article 32 de la loi de finances pour 1992 avait tout d'abord prévu, à titre expérimental, une exonération complète de la taxe intérieure sur les produits pétroliers :

- pour les esters d'huile de colza et de tournesol utilisés comme carburants ou combustibles,

- pour l'alcool éthylique et ses dérivés produits à partir de céréales, betteraves, pommes de terre et topinambours utilisés comme carburants, élaborés dans des unités pilotes de production agréées dans le cadre de programmes expérimentaux.

La loi de finances rectificative pour 1993 a plafonné cet avantage à 230 francs/hectolitre pour les esters et à 329,5 francs/hectolitre pour l'éthanol et ses dérivés. Il est réservé aux biocarburants dont la matière première agricole est issue des terres faisant l'objet d'un gel, ce qui traduit le souci des pouvoirs publics, conformément aux directives communautaires, de privilégier l'occupation de terres retirées de la production à but alimentaire. L'ester d'huile de colza ou de tournesol

incorporé à du fioul domestique bénéficie de cette exonération de taxe intérieure au taux du gazole ce qui implique que les évolutions de la taxe intérieure sur les produits pétroliers réagissent directement sur l'économie des biocarburants.

En outre, ce texte prévoit la possibilité de conclure de conventions de progrès pluriannuelles précisant les garanties apportées par l'Etat pour permettre l'amortissement des unités pilotes de production de biocarburants. Il s'agit de garantir un certain environnement fiscal aux industriels souhaitant investir dans la construction d'unités de production d'E.T.B.E. en contrepartie d'engagements de ces investisseurs, notamment en termes d'amélioration de la productivité.

Cette législation est fondée sur l'article 8-2-d de la directive européenne n° 92/81 du Conseil du 19 octobre 1992 prévoyant la possibilité pour les Etats membres d'appliquer des exonérations de taux d'accises dans le cadre de projets pilotes visant au développement de produits moins polluants d'origine renouvelable.

Il faut cependant remarquer que ces exonérations fiscales ne constituent pas du tout "une perte sèche" pour l'Etat.

En effet l'émergence d'une filière "biocarburants" contribue à utiliser des terres gelées dans le cadre de la nouvelle politique agricole commune et donc à maintenir des emplois en milieu rural. Il faut noter qu'il ne s'agit pas là uniquement des exploitants mais aussi des emplois liés au stockage et au négoce. Elle peut permettre aussi de créer des emplois dans les programmes de développement industriel.

Enfin d'autres effets induits peuvent en être attendus.

Ainsi il peut être tout d'abord possible de diminuer quelque peu la dépendance extérieure en matière de produits pétroliers et les importations de produits fossiles tel, notamment, le gazole. A cet égard il convient d'insister sur le fait que l'existence d'une telle filière pourrait rendre d'incalculables services à l'économie française en cas de crise au Moyen-Orient ou de choc pétrolier, événements ne relevant pas précisément de cas d'école...

Une telle filière pourra par ailleurs permettre de réduire le déficit protéique en alimentation animale, ce qui est précieux, et nous aidera à acquérir un savoir-faire susceptible d'être exporté.

Mais l'existence de ces mesures en France suscite des difficultés au niveau européen.

c - Le problème européen

Sur l'ensemble du sujet la position de la Commission des Communautés européennes apparaît dans l'ensemble quelque peu contradictoire.

Un petit historique succinct s'impose.

Rappelons d'abord que, dans les années récentes, la Communauté a manifesté à divers titres son intérêt pour les énergies renouvelables.

Ainsi, concernant la politique énergétique et sur proposition de la Commission, le Conseil a-t-il, en décembre 1985, adopté la directive 85/536 sur les économies de pétrole réalisables par l'utilisation de composants de substitution. Cette directive souligne l'intérêt marqué de réduire la dépendance de la Communauté vis-à-vis des importations de pétrole brut.

En septembre 1993, le Conseil, sur proposition de la Commission décide l'adoption du programme ALTENER, (que nous évoquerons plus loin dans le chapitre consacré à la recherche) de promotion des énergies renouvelables. Celui-ci prévoit comme objectif d'obtenir pour les biocarburants une part de marché de 5% de la consommation totale des véhicules à moteur en 2005.

En outre, en matière de fiscalité, intervient la directive 92/81 du Conseil du 19 octobre 1992 que nous venons d'évoquer.

Notons aussi en complément l'existence de la proposition de la Commission au Conseil, dite "Scrivener" du 24 mars 1992 concernant le taux d'accises applicable aux carburants pour moteurs d'origine agricole. Ce projet constate "la nécessité de prévoir une incitation financière en vue d'encourager le développement de ces carburants et d'assurer sa viabilité, tout en veillant à ce qu'il n'y ait aucun effet indésirable sur les plans environnemental ou économique" Il est constaté que "la manière la plus efficace de prévoir cette incitation est de réduire le taux d'accises à appliquer".

Les difficultés se sont réellement concrétisées en juillet 1995 quand une procédure précontentieuse a été engagée contre la France sur la base de l'article 93 du Traité de Rome.

La Commission européenne a confirmé à la France, par lettre du 28 janvier dernier, l'appréciation négative qu'elle portait sur le dispositif fiscal français établi en faveur des biocarburants. Elle a également mis en demeure notre pays de mettre un terme à l'application de ces dispositions.

La Commission, outre le fait qu'elle conteste le qualificatif d'"expérimental" aux investissements faits en France dans ce domaine, développe un certain nombre d'arguments à l'encontre des mesures françaises :

- elles introduiraient une discrimination entre produits nationaux et importés,
- elles constitueraient une aide directe et indirecte à des produits soumis à certaines règles commerciales,
- elles n'autorisent la production de biocarburants qu'à partir de colza, pommes de terre, topinambours, tournesol, céréales et betteraves en excluant de ce fait d'autres matières premières,
- elles n'autorisent la production de biocarburants qu'à partir de matières premières exclusivement cultivées sur des terres gelées,
- elles ne s'appliquent pas à la production des unités de fabrication installées dans les autres pays de la Communauté européenne.

Le gouvernement français s'est très tôt employé à réfuter cette argumentation en réaffirmant à cette occasion l'importance attachée par la France à ce dossier.

La France a donc étudié avec la Commission la possibilité d'amender son dispositif d'exonération fiscale. Il est ainsi prévu de modifier le dispositif fiscal existant en l'ouvrant plus largement dans le cadre d'une procédure d'appel à candidature aux entreprises autres que françaises. Il est également prévu d'octroyer le régime fiscal dérogatoire aux carburants d'origine végétale répondant à des spécifications techniques strictes. Ces dernières seront déterminées à partir des expériences menées en France et dans des pays tels que la République fédérale d'Allemagne ou l'Italie. Enfin, ces spécifications ne feront plus référence à des productions agricoles particulières ni au mode d'obtention de ces productions, sur terres gelées ou non, ce qui est une transformation considérable du fondement de la disposition initiale.

Il m'a été indiqué très récemment par le ministère de l'agriculture que ce dispositif amendé a fait l'objet d'un accueil favorable de la part de la Commission.

On peut donc espérer que les efforts faits par la France dans ce domaine ne seront pas réduits à néant et que cette filière pourra ainsi continuer à progresser. Il conviendra cependant qu'une parfaite continuité entre le dispositif existant et le nouveau soit assurée.

Il est certain que la France a adopté une position constante et très dynamique dans ce secteur et qu'elle se situe très nettement en pointe pour l'utilisation de ces techniques. Il n'en est pas de même pour certains de nos partenaires au sein de l'Union européenne, comme nous l'avons évoqué plus haut.

Certains d'entre eux sont même carrément opposés aux mesures favorisant le développement de ces biocarburants. Les raisons de cette opposition peuvent être variables.

Certains pays sont le siège de puissantes compagnies pétrolières qui ne voient pas d'un bon œil ce développement de concurrents potentiels ou qui redoutent de se les voir imposer. Certains autres sont des adeptes de la logique libérale et entendent s'opposer à toutes mesures d'aides à des industries non rentables directement et immédiatement. Enfin on peut noter que la négociation du G.A.T.T. sur les oléagineux ayant limité de fait la culture des oléagineux en Europe a certainement aiguisé les rivalités entre pays producteurs de ces matières premières pour la production d'ester méthylique de colza ou de tournesol.

Certes ces biocarburants sont encore globalement coûteux. Mais on pourrait considérer que ces coûts sont le prix à payer pour disposer d'un environnement moins pollué. Naturellement cet argument ne peut être avancé que dans la mesure où ce type de carburants apporte sur le plan de la pollution un avantage appréciable.

F - Les biocarburants et l'environnement

L'impact environnemental des biocarburants est encore un sujet de controverses.

Néanmoins nous allons tenter de faire le point aussi objectivement que possible sur cet aspect des choses qui revêt une grande importance, avant d'évoquer un premier bilan de l'expérimentation en cours menée en application de l'article 84 de la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.

a - L'impact environnemental des biocarburants

L'impact environnemental des biocarburants est en réalité fort complexe. Les différents résultats, trouvés par les uns et les autres, sont difficiles à exploiter et surtout à comparer du fait des différents types de véhicules employés, de la présence ou non de pots catalytiques (pour les véhicules non Diesel) et des cycles d'essais.

Je m'appuierai essentiellement sur les résultats des mesures et études effectués dans ce domaine par l'A.D.E.M.E. Cependant chemin faisant je m'efforcerai de mentionner les études qui peuvent présenter des résultats différents tant ce domaine est mouvant et encore sujet à un certain nombre d'incertitudes.

Il faut aussi tenir compte, pour chaque composé, non seulement de la pollution atmosphérique, de l'effet de serre mais aussi de celle des eaux et des sols.

- La pollution atmosphérique

• Les émissions des véhicules

- L'éthanol et l'E.T.B.E

Les transports sont responsables en France de 86% des émissions d'oxyde de carbone, 73% des émissions d'oxyde d'azote et 40% des émissions d'hydrocarbures imbrûlés, tous polluants accélérant la formation d'ozone au niveau du sol.

L'optimisation de la formulation du carburant peut permettre de réduire la pollution des véhicules. Cette optimisation peut se traduire par l'incorporation de 10 à 15% de produits oxygénés comme l'E.T.B.E. Leur fort indice d'octane rend alors possible la réduction de la concentration des effluents gazeux en composés aromatiques et en benzène, produits unanimement reconnus comme étant particulièrement carcinogènes.

Cette incorporation d'E.T.B.E. et la baisse des composés aromatiques entraînent suivant les expérimentations menées en France et l'expérience de la mise en œuvre du *Clean air act* américain une réduction des émissions (selon une moyenne de trois études Arco Chemical/BP/Volvo, Ricardo, Shell) :

- de monoxyde de carbone (CO) de 23%,
- des hydrocarbures imbrûlés (HC) de 11%,
- des émissions d'oxydes d'azote (NO_x) de 11%

Selon le Ministère de l'agriculture, les émissions toxiques totales d'aldéhydes, de benzène et de butadiène seraient en diminution de 10% avec toutefois une légère hausse des aldéhydes.

L'Académie des Sciences a été saisie de ce dossier par notre collègue François-Michel Gonnot, Président de la Commission de la production et des échanges de l'Assemblée nationale. Dans son récent rapport d'étape, cette prestigieuse institution est tout à fait en phase avec les résultats de l'A.D.E.M.E. concernant les aromatique et le benzène. Elle s'en sépare cependant concernant les aldéhydes et les oxydes d'azote car elle estime qu'ils sont susceptibles d'augmenter suite à l'utilisation de ces carburants. De la même façon, l'Institut français du pétrole (I.F.P.) estime que ces oxydes d'azote peuvent être en léger accroissement.

- L'ester méthylique de colza

Comme le note l'A.D.E.M.E., l'ester méthylique de colza n'est en principe pas toxique, contrairement au gazole, ce qui est un avantage décisif : il est en effet biodégradable à 98%. Ne contenant pas de soufre, il n'y a donc pas de dérivés soufrés dans les gaz d'échappement, bien que les installations de raffinage les plus modernes aient permis de réduire à peu de chose le pourcentage de soufre rémanent (sous forme de mercaptans). Selon une étude allemande effectuée à partir des mutations observées sur des salmonelles, le pouvoir mutagène des gaz

d'échappement de l'ester est par ailleurs très sensiblement inférieur à celui du gazole.

L'impact de l'ester méthylique de colza sur la pollution de l'air dépend bien entendu de son taux d'incorporation et de la qualité du gazole auquel il est comparé.

Par rapport au gazole distribué avant le 1er octobre 1996, l'A.D.E.M.E. estime que :

- en mélange à 5%, on observe une diminution des hydrocarbures rejetés, une réduction significative des hydrocarbures aromatiques polycycliques, un léger accroissement des oxydes d'azote, et, pas de différence, comme le confirme l'I.F.P., pour les aldéhydes et les cétones.

- pour un mélange à 30%, solution retenue par de nombreuses collectivités pour leurs véhicules, on constate une forte régression des particules et des fumées (-20%), des oxydes de carbone (-21%) et des hydrocarbures totaux (-26%), les oxydes d'azote étant stables.

Cependant la faible teneur en soufre (0,05%) obligatoire dans le gazole depuis le 1er octobre dernier entraîne évidemment une limitation des gains constatés précédemment.

Concernant ce carburant, l'I.F.P. constate quant à lui une certaine augmentation des aldéhydes et de certains aromatiques, ce qui n'a aucun caractère dramatique compte tenu des doses infinitésimales en présence.

- L'effet de serre

De façon générale, la plupart des travaux montrent que le bilan énergétique et le bilan en matière de dioxyde de carbone (CO_2) sont favorables aux biocarburants. En effet la combustion de ces carburants libère du carbone qui a été fixé au préalable et qui le sera de nouveau par les cultures suivantes. Cette filière apparaît ainsi neutre du point de vue de l'effet de serre additionnel, aux énergies fossiles près consommées lors du processus d'élaboration.

- La pollution des eaux et du sol

La pollution des nappes phréatiques par les nitrates est difficile à évaluer. Celle-ci dépend de la gestion des apports d'engrais au cours du cycle végétal et du lessivage pouvant se produire lors du gel des terres. L'utilisation des produits phytosanitaires en excès peut également poser des problèmes environnementaux au niveau de la faune et de la flore.

Pour prévenir ces pollutions, une Charte environnement a été mise en place depuis la campagne 1992/1993 sous l'égide de la Fédération des oléoprotagineux.

Lorsque le colza est produit selon ses recommandations on a pu observer une diminution de 20% en moyenne de l'utilisation des divers intrants. De surcroît le maintien en période hivernale d'une couverture végétale par le colza permet de limiter les risques de lessivage des nitrates dans le sol.

La culture des plantes utilisées pour la fabrication de l'éthanol (blé, betteraves) a fait, elle aussi, l'objet de mesures visant à prévenir les pollutions. Des itinéraires de production plus économes en intrants (azote, produits phytosanitaires) ont également été mis au point.

Enfin il faut noter qu'en application de l'article 84 de la loi n°95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, des opérations pilotes d'incorporation de composés oxygénés dans les carburants sont en cours actuellement. Ils permettront de connaître avec exactitude les effets de ces produits sur la qualité de l'air dans les conditions spécifiques du contexte français.

5 - Des domaines de développement possibles

Nous nous efforcerons dans ce chapitre de montrer quels sont les domaines de développement possibles des usages non alimentaires des produits agricoles à l'exclusion des biocarburants que nous venons d'évoquer et des utilisations comme combustibles qui feront l'objet d'un autre chapitre.

Bien entendu il n'est pas dans mon intention de vouloir donner une vue complètement exhaustive de ces applications car cela dépasserait de loin les limites du présent rapport. Il s'agit simplement de donner quelques aperçus sur des domaines qui apparaissent à l'heure actuelle soit déjà en développement soit comme très prometteurs.

On examinera donc successivement les corps gras, la fabrication de détergents et de cosmétiques, les plantes à fibres. On évoquera ensuite le problème de la fabrication de biopolymères.

Ces domaines sont dans des états d'avancement tout à fait différents et il est bien difficile d'indiquer lequel ou lesquels se développeront effectivement avec succès. Il nous importe seulement de montrer la grande variété des possibilités.

A - Les corps gras

Du grec *lipos*, graisse, la lipochimie est la science, la technique et l'industrie des produits chimiques dérivés des matières grasses naturelles dont font partie les huiles végétales.

a - Les caractéristiques générales de ces produits

Ces différentes matières premières sont essentiellement constituées de chaînes hydrocarbonées aliphatiques allant de 8 à 24 atomes de carbone. A l'état naturel, celles-ci sont le plus souvent présentes sous forme de triglycérides qui sont des triesters d'acides gras et de glycérol. Ces triesters sont constitués d'un mélange de différents acides gras. Ceux-ci peuvent être saturés, mono- et polyinsaturés dans des proportions caractéristiques de la matière première dont ils sont issus.

Les produits de base de la lipochimie sont :

- les acides gras obtenus par hydrolyse des huiles ou des graisses à température élevée et sous pression suivie d'une purification par distillation;
- les esters méthyliques dont nous avons déjà parlé;
- les alcools gras obtenus par hydrogénation à haute pression des esters méthyliques;
- les amines grasses produites à partir des acides ou des esters.

Les huiles d'origine végétale offrent des avantages certains par rapport à leurs homologues d'origine minérale.

Tout d'abord leur biodégradabilité, caractéristique prenant de plus en plus de valeur, est très élevée, de l'ordre de 95-99% tandis que celle des huiles minérales oscille entre 25 et 40%. Autre atout, leur niveau d'inflammabilité, le point éclair, est supérieur à 280° C. Cela garantit des manipulations sans risques graves alors que les solvants pétroliers et les esters qu'elles peuvent remplacer ont des points éclair allant de -10 à +300° C. Enfin ces huiles végétales sont dépourvues de toxicité, ce qui est appréciable pour les usages courants.

D'autres avantages existent comparativement aux huiles minérales. On peut noter par exemple qu'elles présentent une viscosité plus stable sur de larges gammes de température et qu'elles conservent une excellente fluidité à très basse température grâce à leur teneur en polyols, molécules possédant de multiples fonctions alcool.

Du fait de ces caractéristiques, les huiles végétales peuvent être d'un emploi intéressant

b - L'emploi de ces huiles

Pour leur emploi en lipochimie ces huiles doivent présenter des caractéristiques spécifiques.

Au niveau mondial, l'industrie lipochimique recherche essentiellement en très forte proportion des acides gras courts ou moyens en C12-C14 à chaîne saturée ou des acides à fonctionnalité particulière alors que la production est surtout constituée dans un pays comme la France, d'acides gras à chaînes longues en C18 et insaturées. De ce fait ce sont les huiles tropicales d'importation qui fournissent actuellement le marché de la lipochimie en acides gras en C12-C14.

Les principales matières premières oléagineuses métropolitaines à usage non alimentaires sont : le colza, le tournesol, le lin, le soja et le ricin, ces plantes présentant des acides gras généralement compris entre C18 et C22 (saturé ou

insaturé). Parmi ces variétés le lin, le soja et le ricin sont en majorité importés de l'extérieur de l'Union européenne.

Mais c'est le secteur des lubrifiants qui semble actuellement devoir constituer un secteur de développement important de ces huiles. Comme le note la revue Biofutur les lubrifiants de demain pourraient faire appel à ces huiles végétales afin de remplacer, pour des utilisations précises et variées, les produits d'origine pétrolière. En France, la consommation totale de lubrifiants est de l'ordre de 900 000 tonnes par an dont 500 000 tonnes dans les moteurs et 400 000 tonnes en usages divers. Ce sont ces usages qui retiennent l'attention pour l'emploi d'huiles d'origine végétale car celles-ci sont exclues du marché des huiles pour moteur quatre temps du fait de la présence dans leurs constituants de molécules insaturées provoquant une faible résistance à la thermo-oxydation.

Les autres usages concernent essentiellement les huiles de coupe pour chaînes de tronçonneuses, huiles de forage pour l'exploitation du pétrole en mer, huiles pour les transmissions hydrauliques d'engins divers, huiles de décoffrage d'ouvrages en béton...

Les perspectives d'utilisations de ces huiles d'origine végétale comme lubrifiants sont les suivantes (en tonnes par an) :

Applications	France	Union Européenne
Huile pour moteur deux temps	11 500	75 000
Fluides hydrauliques	100 000	570 000
Huiles d'usinage	60 000	450 000
Huiles perdues	15 000	30 000
Huiles de décoffrage	6 000	40 000
Graisses	33 000	100 000

Source : IFP/DESP

Les marchés potentiels existent donc. Sur un marché mondial d'environ 41 millions de tonnes en 2000, il est prévu qu'aux environs de 13 à 15% pourraient être satisfaits par des lubrifiants d'origine végétale.

Le problème de ces produits demeure celui de leur prix. En effet ils sont en moyenne de 20 à 30% plus chers que ceux provenant de la pétrochimie.

Les huiles et graisses végétales et leurs dérivés entrent aussi dans la formulations des lubrifiants comme additifs tels que détergents, dispersants, antioxydants, inhibiteurs de corrosion... Ainsi les esters de polyols obtenus par réaction entre un acide de type laurique et des polyols sont-ils déjà utilisés comme additifs.

Le pouvoir siccatif de ces huiles est aussi recherché pour les peintures comme on le sait depuis le XVème siècle. Il y a beaucoup d'intérêt à développer ces huiles et leurs dérivés comme composants de produits phytosanitaires. Outre le domaine des détergents et des cosmétiques, on peut utiliser ces huiles comme agents anti-poussières, ainsi que dans diverses industries : cires et traitement des cuirs, caoutchouc, agents anti-corrosion, solvants, pharmacie, vernis et encres...

L'utilisation pour ces emplois d'huiles minérales risque de produire de considérables nuisances écologiques par les rejets sur le sol, dans les égouts, ou dans les lacs et rivières. Le brûlage n'est guère mieux dans la mesure où il expédie dans l'atmosphère des quantités de polluants. L'impact écologique est très important puisqu'on sait très bien par exemple qu'un seul litre de lubrifiant est suffisant pour polluer un million de litres d'eau potable. Ces huiles usagées ont aussi des effets toxiques sur la faune et la flore.

Il convient donc de se demander s'il ne serait pas souhaitable d'interdire dans l'ensemble de l'Union européenne l'emploi d'huiles minérales dans un certain nombre de cas et notamment en agriculture et en sylviculture et, notamment pour les chaînes de tronçonneuses.

Les huiles les plus couramment utilisées comme base lubrifiante sont : l'huile de ricin hydrogénée, les huiles de palmiste et de coprah, l'huile de tournesol, l'huile de colza, normale et érucique.

Il convient de s'arrêter un moment sur cette dernière variété d'huile, notamment pour l'obtention de l'acide érucique de longueur de chaîne C22, cette dernière caractéristique assurant à la fois une bonne fluidité et une bonne stabilité dans les conditions d'emploi.

Comme le souligne M. Bernard Godon dans son rapport déjà cité, concernant cet acide érucique c'est le colza qui en est actuellement la meilleure source compte tenu de son rendement à l'hectare et de sa teneur en huile.

Il est remarquable que l'on assiste là à un complet retournement de situation dans la mesure où les variétés de colza riches en acide érucique ont été cultivées jusqu'au milieu des années 1970 puis abandonnées pour des raisons liées à la protection de la santé humaine. Chez ces "anciennes" variétés la teneur de l'huile en acide érucique reste limitée aux alentours de 50%. Par contre chez d'autres espèces telles que la cameline ou l'écume des prés (*Limnanthes alba*) il est possible d'avoir des teneurs largement supérieures à 60%.

Pour le colza des perspectives d'amélioration par sélection existent mais il semble que l'on ne pourra pas dépasser par les méthodes classiques une teneur de plus de 66% en acide érucique, compte tenu du fait qu'on ne trouve jamais cet acide en position 2 sur les triglycérides. Pour pouvoir franchir cette barrière il faudra avoir recours aux méthodes de la biotechnologie, problème dont nous évoquerons certains aspects dans ce rapport.

A cet égard la culture du crambe peut aussi donner dans le futur une source importante d'acide érucique. C'est en tout cas une orientation prise aux Pays-Bas où il a m'a été indiqué que le potentiel de culture de cette plante était important. Le crambe est également développé aux Etats-Unis.

D'autres plantes riches en huile pourraient également être cultivées. On peut ainsi penser par exemple au lin oléagineux, déjà utilisé pour la production de linoléum, ou au ricin, dont le débouché majeur est à l'heure actuelle constitué par la fabrication par Elf-Atochem du Rilsan. Une autre application m'a été signalée aux Pays-Bas, l'élaboration d'un produit freinant la germination des pommes de terre à partir du carvon, matière active extraite de l'huile de carvi ou de l'huile d'aneth.

Beaucoup d'autres exemples pourraient être cités.

Je terminerai ce paragraphe consacré aux possibilités offerts par les corps gras en notant pour m'en féliciter qu'un accord est intervenu en juin dernier entre Sofiprotéol et Rhône-Poulenc pour créer une société commune dans ce domaine de la lipochimie, Novance.

L'objectif assigné par ces deux partenaires à la nouvelle entité est double : d'une part "développer une lipochimie innovante, permettant de mettre au point de nouveaux produits à base d'huiles végétales" et, d'autre part, "commercialiser à l'échelle européenne les spécialités produites." Dans cette alliance, Sofiprotéol apporte l'activité commerciale et l'unité de recherche et développement de la société Robbe qui travaille notamment sur le colza, le ricin et le lin. De son côté Rhône-Poulenc fera bénéficier Novance de son organisation et de sa connaissance des marchés, de sa force de recherche et de son réseau commercial international. On ne peut que se réjouir de cette alliance qui ne peut aller que dans le sens d'un développement de la compétitivité de ces huiles végétales.

B - La fabrication de détergents et de cosmétiques

L'utilisation de produits végétaux pour produire des détergents n'est pas nouvelle. En effet depuis longtemps on sait faire du savon avec une plante, la saponaire, que les Pays-Bas ont d'ailleurs remis, de façon expérimentale, en production. En 1964, le département de la recherche de la firme canadienne Ogilvie Flours Mills a publié un rapport sur les possibilités de production de substances tensioactives biodégradables dérivées du gluten du blé.

L'industrie des détergents représente un secteur dans lequel les produits issus de matières agricoles ont très certainement une place importante à occuper.

Comme le note le rapport de M. Bernard Godon sur lequel je m'appuierai essentiellement pour ce paragraphe, une lessive est un mélange complexe composé de plus de vingt ou trente ingrédients de bases différentes. Les principaux constituants sont :

- les tensioactifs, substances pouvant modifier la tension superficielle des solutions aqueuses qui dissolvent et permettent l'extraction des salissures,

- les agents séquestrants de calcium favorisant l'action des tensioactifs. Ceux-ci sont les agents permettant à la lessive de pénétrer d'un milieu hydrophile (eau) dans un milieu hydrophobe (de l'huile, par exemple) et évitent la redéposition des particules,

- les agents de blanchiment et les activateurs de blanchiment oxydant les salissures responsables de la coloration et donnent aux tissus la blancheur recherchée, notamment en Europe.

Les détergents obtenus à partir de substances végétales dérivent essentiellement du glucose, de l'amidon, de l'acide D-galacturonique et des lipides.

- Les dérivés du glucose

Il s'agit là des polyglucosides d'alkyle qui sont des tensioactifs dérivés du glucose et d'alcools gras naturels. Ce sont d'excellents agents de surface possédant des propriétés de stabilisants de mousse; cela leur permettant d'être utilisés en synergie avec des tensioactifs anioniques. Ils sont faiblement irritants et toxiques et bénéficieraient d'une bonne biodégradabilité. L'essor de ces produits est dû à la mise au point par la firme allemande Henkel, premier producteur mondial, de processus de préparation directs sans étapes intermédiaires et sans utilisation de réactifs coûteux.

- Les dérivés de l'amidon

On utilise des amidons oxydés obtenus par traitement chimique d'amidon de blé ou de maïs qui sont susceptibles de former des chélates avec les cations bivalents, leur conférant ainsi des propriétés de *co-builders*. Mais la méthode de fabrication de ces amidons oxydés est encore fort coûteuse.

- Les dérivés de l'acide D-galacturonique

Il s'agit là d'un domaine qu'Agro industrie Recherches et Développement (A.R.D.) situé près de Reims et dirigé par M. Régis de Baynast, a particulièrement étudié.

L'acide D-galacturonique est un acide très répandu dans le monde végétal. On le trouve aussi bien dans les fruits, agrumes, pommes..., que dans les racines, telles que la chicorée et la betterave. Appelée parfois "pectine", c'est l'un des composants des parois des végétaux au même titre que la cellulose, les hémicelluloses ou la lignine.

A.R.D. a travaillé sur l'extraction de cet acide D-galacturonique à partir de la betterave sucrière.

On peut obtenir environ 9,5 kg de cet acide par tonne de betterave fraîche. Il est obtenu soit par hydrolyse de la racine entière soit, ce qui est beaucoup plus intéressant, par celle des pulpes. Après purification, cet acide peut être condensé avec des alcools gras pour former des tensioactifs non ioniques ou anioniques.

Il faut noter que cet acide peut être également employé pour la fabrication des shampoings et de divers produits de beauté. En tout état de cause il s'agit là d'un procédé intéressant pour valoriser un sous-produit de l'industrie sucrière.

- Les dérivés des lipides

Les tensioactifs sont toujours constitués d'une partie lipophile, issue le plus souvent de produits agricoles, et d'une partie hydrophile, le plus souvent d'origine pétrochimique. Malheureusement la demande pour ces tensioactifs porte de façon principale sur des lipides à chaîne d'acides gras de longueur C12-C14 qui ne correspondent pas à des huiles produites en France, mais plutôt aux huiles de coprah et de palmiste. Il serait donc tout à fait indispensable de faire produire par le colza ou à tout autre plante cultivable en France les acides gras de cette longueur.

En termes de prévision de croissance de ce marché, M. Régis de Baynast estime qu'ils peuvent représenter environ 100 000 ou 200 000 tonnes, à comparer avec un marché total de détergents de l'ordre de 1,6 million de tonnes en Europe.

M. Bernard Godon estime, quant à lui, ce marché à "quelques dizaines, voire quelques centaines de milliers de tonnes à moyen ou à long terme"

Par contre les estimations du Centre de valorisation des glucides (C.V.G.) sont plus pessimistes.

En effet ses responsables pensent tout d'abord qu'il convient plutôt de tabler sur 50 000 tonnes par an que sur 100 000. Ils notent aussi qu'il convient fortement de relativiser ce chiffre, notamment par rapport au marché total des tensioactifs estimé à 9 millions de tonnes.

D'autre part ils ont indiqué que ces tensioactifs d'origine végétale ont fait l'objet de nombreux brevets mais qu'ils demeurent peu homogènes. Ils s'inquiètent aussi de leur biodégradabilité réelle, problème récurrent des produits d'origine végétale que nous retrouverons plus loin.

Enfin, aussi bien M. Régis de Baynast que les responsables du C.V.G., ont noté que le problème de la production de ces détergents issus de matières végétales se poserait de façon tout à fait nouvelle si une réglementation, qui ne pourrait évidemment n'être qu'européenne, imposait l'utilisation exclusive dans ce domaine de produits entièrement biodégradables.

C - Les plantes à fibres

Quatre grand domaines d'application peuvent être retenus pour les plantes à fibres : les textiles, les matériaux, la fabrication de pâtes à papier et les dérivés cellulosiques.

a - Les textiles

Nous avons vu que les plantes textiles ont permis pendant des millénaires à l'humanité de se vêtir. Elles ont dû abandonner ce rôle exclusif devant la montée des produits issus de la pétrochimie. Des tissus sont bien entendus encore fabriqués dans les pays développés à partir de plantes à fibres mais cette source de matière première, en dehors du coton, est plutôt devenue l'exception.

Néanmoins deux sources pourraient trouver un regain d'actualité : le lin et le coton.

- Le lin

Le lin est une fibre cellulosique d'utilisation quasiment immémoriale. Il semble retrouver actuellement une certaine vogue du fait de sa qualité primordiale très agréable au porter qui donne des vêtements très confortables.

Malheureusement elle a un certain nombre de défauts. Ainsi elle possède un toucher raide, se froisse facilement et les vêtements acquièrent rapidement un aspect fripé peu flatteur. En outre les teintures sur lin ne sont pas extrêmement solides au lavage.

Le lin est composé majoritairement de cellulose. L'organisation de sa structure constituée de faisceaux de fibres cellulosiques et de ciments pectiques le rend plus proche d'une fibre technique que d'une fibre textile. Il est donc de ce fait bien supérieur au coton d'un point de vue de la résistance mécanique. Cependant les techniques actuelles d'amélioration de son caractère froissable le dégradent de façon très sensible.

Le lin pourrait donc être une fibre d'avenir si on arrivait à lui conférer de meilleures propriétés sans le dégrader, notamment grâce à des traitements enzymatiques. Une autre voie consiste à le mélanger avec de la soie ou de la laine, ce qui permet de l'utiliser dans les collections d'hiver. On est également arrivé, grâce à l'adjonction de lycra et grâce à des traitements de surface lui donnant une certaine souplesse, à le tricoter.

Il est très souhaitable que ces innovations puissent relancer cette culture en France dont la production représente encore 80% de la production européenne et 14% de la production mondiale mais 80% des lins de qualité c'est-à-dire ceux destinés à l'habillement. Les autres débouchés sont le linge de maison, les sacs postaux et, dans une moindre mesure, les revêtements muraux.

Le lin peut aussi être utilisé comme matériau de renforcement compte tenu de sa composition.

Il faut noter enfin que ce lin pourrait peut-être, s'il était convenablement valorisé, se substituer à une part non négligeable de coton importé.

- Le coton

L'idée de cultiver du coton en France remonte au Blocus continental et les dernières tentatives faites dans ce domaine remontent aux années 1950. Mais ce furent les dernières dans la mesure où les espèces en cause se sont révélées trop ingrates à cultiver du fait de l'irrégularité des rendements.

Comme le rappelle un article paru il y a quelques mois dans la revue "Pour la Science", le cotonnier est un arbuste vivace, dont les fruits, les capsules, contiennent des fibres que l'on file : une seule capsule peut fournir ainsi jusqu'à trente mètres de fil. Cet arbuste ne pousse que si la température extérieure est supérieure à 12°C. Cette plante a aussi besoin, lors de son développement végétatif, d'apports suffisants en eau. En outre, tout au long de la culture, il faut maintenir un juste équilibre entre le développement des branches et des feuilles, qui assurent la photosynthèse, et celui des fruits.

Il existe actuellement un projet du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (C.I.R.A.D.) de Montpellier de culture du coton dans la plaine littorale du Languedoc-Roussillon. Il ne s'agit pas de cultiver du coton blanc dont un système de quota réserve la culture à la Grèce et l'Espagne (Andalousie) mais de coton naturellement coloré dont le marché est libre.

Le coton en question serait naturellement vert ou marron. Cela serait une sorte de retour aux sources car les espèces sauvages de coton produisent des fibres aux couleurs pastel variées. Le coton blanc le plus cultivé dans le monde est en fait l'aboutissement de la sélection opérée depuis deux siècles sur cette plante. Ce coton coloré serait d'autant plus intéressant à cultiver pour les agriculteurs que son prix est de quatre à huit fois plus élevé que celui du coton blanc. Ce handicap de prix pourrait cependant être considérablement atténué par une réglementation antipollution qui établirait une concurrence équitable avec le coton blanc, teint. Car l'absence de nécessité de teinture, polluante, pour ces cotons pourrait être un argument important de la commercialisation de ces nouveaux produits.

Les définitions des techniques de culture et des traitements à réaliser ont été faites et un rendement moyen de deux tonnes de coton non égrené à l'hectare devrait pouvoir être atteint. Toute une filière est ainsi prévue, notamment l'édification d'usines d'égrenage pour séparer les fibres des graines. On estime qu'une usine devait être alimentée par environ 1 500 à 5 000 hectares de cotonniers. Cette production de coton coloré devrait démarrer à grande échelle en 1998.

b - Les matériaux

Nous avons déjà signalé que le lin possède une composition proche de celle d'une fibre technique et même celle d'un véritable matériau composite, dans la mesure où il possède des fibres immergées dans une matrice qui assure la cohérence de l'ensemble. On ne fait que commencer à soupçonner toutes les utilisations comme sources de matériaux de structures que pourraient remplir un certain nombre de plantes à fibres. En effet elles présentent de bonnes caractéristiques mécaniques, surtout si l'on considère leur densité, de l'ordre de 1,5 kg/dm³, faible par rapport aux fibres traditionnelles. Il est vrai que leur diversité morphologique rend difficile leur étude systématique et leur utilisation. Enfin les matériaux composites renforcés à l'aide de fibres naturelles ont été encore relativement peu étudiés.

Un certain nombre d'utilisations sont actuellement essayées.

- Renforcement de bétons allégés

La production de fibres végétales, notamment par "explosion à la vapeur", selon le principe de l'autohydrolyse rapide, permet de séparer les composants de base de nombreuses plantes comme le bois, la paille, le lin ou le chanvre, sans

adjonction de produits chimiques. Ces fibres peuvent être utilisées comme renfort mécanique de bétons alvéolaires pour le bâtiment, fournissant alors des matériaux structurants de grande diffusion, isolants et peu sensibles à l'humidité. Cette filière présente trois avantages : les fibres peuvent être produites de façon assez décentralisée dans des unités d'hydrolyse; elles sont de 1,5 à 2 fois moins chères que les fibres synthétiques et l'on peut utiliser comme matière première divers substrats celluloseux.

- Remplacement de polymères de synthèse

L'industrie automobile a commencé à employer ces fibres de façon assez importante.

Les matériaux composites utilisés dans cette industrie doivent répondre à un certain nombre d'exigences : propriétés mécaniques, faible coût, gain de poids...mais aussi à un certain nombre d'objectifs plus récents comme, notamment, la possibilité de recyclage et un degré élevé de biodégradabilité. Les fibres celluloseux offrent là un certain nombre d'avantages : faible densité, matière première renouvelable, possibilité importante de biodégradation...

Sont surtout utilisés dans ces fonctions le lin et le chanvre (*Cannabis sativa*).

Ainsi un modèle récent de la marque automobile allemande Mercedes-Benz possède-t-il des contre-portes réalisées avec un mélange de lin et de sisal, ce dernier appartenant à la famille des aloès. Celui-ci, après addition d'un liant, subit une pression de 200 tonnes afin d'être formé en pièces rigides. Le résultat est d'autant plus positif que le processus de fabrication consomme moins d'énergie et produit moins de déchets que la fabrication du matériau antérieur. Mais la nouvelle garniture de porte n'en est pas moins résistante aux chocs tout en permettant un gain de poids d'un kilogramme sur le véhicule.

Très récemment la même firme automobile a déclaré son intérêt pour l'utilisation de fibre de chanvre de préférence à la fibre de lin pour remplacer les fibres de verre renforçant des polymères synthétiques. Ce choix a été motivé par le fait que les fibres de chanvre sont plus rigides que celles de lin et peuvent être cultivées sans utilisation d'insecticides. Les fibres de chanvre sont aussi considérées comme devant être, au total plus performantes et plus économiques.

Un certain nombre d'autres exemples peuvent être encore cités.

Au Danemark la fibre de lin est utilisée de diverses façons. Elle est ainsi employée en substitut à l'amiante et pour la fabrication des billets de banque car cette fibre rend le papier difficile à imiter. Des travaux sont également menés sur les matériaux d'isolation pour remplacer la laine de verre et la laine de roche. Une fibre agricole comme le lin, donnant une bonne protection contre l'humidité, peut être substituée à la laine de verre, ce qui permet de supprimer les films plastique d'isolation dans les murs.

Aux Pays-Bas les fibres de lin sont utilisées en remplacement des polymères de synthèse dans l'industrie automobile pour la fabrication des tableaux de bord, ce qui donne des possibilités intéressantes de recyclage quand l'automobile arrive en fin de vie.

Je voudrais enfin dire quelques mots d'une plante qui pourrait se révéler à terme intéressante pour des usages assez variés.

Cette plante est le *miscanthus sinensis*, graminée vivace de grande taille à production végétative appartenant à la famille des roseaux et originaire d'Asie de l'est. Elle est plus connue à la fois sous le nom d'"eulalia" ou d'"herbe à éléphant" et est utilisée généralement dans les jardins paysagers. Elle possède une tige très fine et se développe en touffes dont la hauteur peut atteindre, selon les conditions de sol, climat et disponibilité en eau, jusqu'à 4 mètres. Les rendements peuvent être de l'ordre de 8 à 11 tonnes de matière sèche par hectare et par an dès la deuxième année de culture et de 20 à 25 tonnes à l'hectare dès la quatrième année. La durée d'exploitation est estimée devant durer de 10 à 15 ans. Elle a de nombreuses qualités et est notamment peu exigeante en azote mais est sensible au froid.

Elle commence à être utilisée au Danemark comme couverture des toits des résidences secondaires.

Mais elle peut être aussi employée comme matériau sous deux formes :

- la fibre est d'abord réduite en poudre. Celle-ci est ensuite modifiée chimiquement sous l'action d'enzymes et on peut alors obtenir des plaques utilisables pour les revêtements internes de carrosseries automobiles (essais chez Volkswagen) ou fabriquer des meubles;

- les fibres sont utilisées en renfort de polymères.

Cette fibre est intéressante car elle est plus longue, plus complexe et plus résistante que les copeaux de bois, ce qui permet la fabrication de produits plus élaborés.

De façon générale un certain nombre de recherches sont encore nécessaires pour pouvoir utiliser de façon courante ces fibres comme matériaux. On citera, entre autres, quelques domaines :

- prétraitement des végétaux pour obtenir des fibres,
- recherche des relations entre la longueur de la fibre et les propriétés mécaniques du composite pour optimiser le choix des fibres,
- problèmes de compatibilité des fibres et des différentes matrices...

c - La fabrication de pâtes à papier

Les végétaux annuels et, notamment la paille, ont déjà été utilisés en France pour produire de la pâte à papier. Des problèmes techniques et environnementaux ont mis fin à cette production.

Néanmoins l'utilisation de ces végétaux est de nouveau étudiée. De nouvelles technologies sont développées depuis quelques années pour fabriquer à partir de végétaux annuels de la pâte écrue pour la filière carton-emballage et de la pâte blanchie pour la filière impression-écriture.

Mais comme le note M. Bernard Godon, les plantes annuelles ne sont pas *a priori* bien adaptées à des usines de pâtes de grande capacité. Par contre il semble qu'elles pourraient convenir à la production au sein de petites usines. Celles-ci auraient une production annuelle de 10 à 50 000 tonnes de pâte à haut rendement pour papiers ou cartons d'emballage destinés à être intégrés à une papeterie existante. Ces usines devraient être peu polluantes et n'utiliser ni soufre ni chlore. Son rapport indique qu'au niveau du laboratoire, ces plantes annuelles permettent d'obtenir des pâtes convenables mais que le passage au niveau semi-industriel doit encore faire ses preuves.

Les végétaux pouvant être employés dans ces usines seraient :

- les pailles de céréales,
- la bagasse de canne à sucre, très important pour les départements d'outre-mer,
- de nouvelles plantes comme le sorgho ou le miscanthus,
- le chanvre,
- les graminées.

d - Les dérivés cellulosiques

Cette possibilité de production est signalée par M. Bernard Godon. En effet les fibres cellulosiques peuvent être traitées pour obtenir une fibrillation pouvant conduire à des systèmes épaississants ou à des stabilisants de suspension. Les dérivés de la cellulose, solubles en solvants organiques ou aqueux sont des produits industriels importants.

On peut citer à cet égard :

- l'acétate de cellulose avec lequel on fabrique des fibres, des matériaux et, pour 80%, des filtres de cigarettes,
- les carboxyméthylcelluloses pouvant donner des épaississants utilisés dans les forages, le couchage du papier et les cosmétiques.

D - Le problème des biopolymères

Pour remédier à l'invasion des matières "plastiques", les biopolymères peuvent constituer une solution dont il convient cependant de ne pas sous-évaluer les difficultés.

a - L'invasion des matières "plastiques"

L'accélération du développement de notre société a des impacts certains sur l'environnement, notamment par l'amoncellement des déchets ménagers dont les emballages en "plastique" constituent une part tout à fait importante. Ce terme de "plastiques" est employé par facilité dans la mesure où ce terme recouvre une très grande diversité de matériaux parmi lesquels on distingue, notamment, les thermoplastiques, les thermodurcissables ou les élastomères. Ces polymères se distinguent par une très grande diversité et surtout par une remarquable aptitude à s'adapter aux applications souhaitées.

Tous ces matériaux sont devenus omniprésents. Il faut d'ailleurs bien admettre que leurs qualités les rendent indispensables dans cette civilisation occidentale de la fin du siècle, compte tenu, notamment de leur stabilité à la chaleur et à l'humidité.

Mais ils possèdent aussi les défauts de leurs qualités, c'est-à-dire qu'ils sont pratiquement inéliminables autrement que par combustion, celle-ci posant des problèmes redoutables d'élimination de la pollution atmosphérique par les effluents gazeux. Il est possible de réduire ces nuisances mais à un coût important et il reste de toute façon l'aspect emploi de ressources naturelles non renouvelables.

Les biopolymères peuvent alors constituer une solution séduisante.

b - Les biopolymères peuvent être une solution

Ces biopolymères présentent des avantages certains par rapport aux matières plastiques conventionnelles :

- association de matériaux présentant des propriétés physiques de biodégradabilité et de biocompatibilité,
- utilisation de matières premières biologiques renouvelables,
- prix des matières premières indépendant des fluctuations des cours du pétrole et du charbon,
- neutralité en matière d'émission de CO_2 en cas d'incinération.

Ces matériaux présentent ainsi de telles qualités qu'ils sont sous les feux de la rampe depuis maintenant cinq ou six ans. Ainsi, à intervalles réguliers, des

entreprises chimiques petites ou grandes, connues ou inconnues, annoncent avoir mis au point le matériau idéal, biodégradable.

Notons au passage que cette notion de biodégradabilité est encore floue et ne fait l'objet d'aucune définition.

En effet l'existence de diverses voies de recyclage et la complexité des matériaux polymères imposent l'usage d'une terminologie adaptée afin d'éviter un certain nombre de confusions provenant généralement d'un usage sans doute un peu immodéré du qualificatif "biodégradable".

Comme l'indique M. Bernard Godon, dans l'absolu la biodégradation d'un polymère conduit à la production de fragments de molécules pouvant s'insérer dans les voies métaboliques des organismes vivants comme les bactéries, les levures ou les champignons. Cette voie représente alors la voie idéale dans la mesure où, au stade ultime, la formation de CO_2 ou de H_2O préserverait l'environnement naturel.

Il est donc tout à fait souhaitable que cette définition de la biodégradabilité soit élaborée au plus vite. Naturellement une telle définition devra s'accompagner de la mise au point d'essais aboutissant à une norme.

Quelques domaines peuvent être considérés comme prometteurs : l'emploi d'amidon et certains polymères.

- L'amidon :

Plusieurs approches sont possibles.

La première consiste à mélanger des polymères non-biodégradables avec une proportion d'amidon allant jusqu'à 20%. Seule l'amidon se dégradera, les autres polymères resteront en l'état. Il n'y aura donc qu'une biodégradation partielle. C'est le cas présenté par de nombreux mélanges présentés tout à fait abusivement comme biodégradables.

La seconde prévoit le mélange d'amidon, jusqu'à 50%, avec un polymère hydrophile, l'ensemble présentant un bon degré de biodégradabilité.

Enfin on peut envisager l'élaboration d'un thermoplastique composé à 100% d'amidon. La biodégradabilité est excellente mais ce matériau ne présente pas une bonne tenue à l'humidité. Ses emplois possibles sont donc très fortement limités à cause de cette particularité.

- Certains polymères

Ceux-ci sont, selon M. Bernard Godon :

- l'acide polylactique (P.L.A.) qui est obtenu par polymérisation du lactide, dimère de l'acide lactique, que l'on rencontre dans de nombreuses plantes et qui peut être produit par fermentation des glucides ou par hydrolyse du lactonitrile. Il peut aussi éventuellement être copolymérisé avec le glycolide. Les poly-L lactates et leurs copolymères possèdent un large spectre de propriétés et des utilisations médicales, fils de suture et implants, sont déjà développés. Mais les utilisations en matière d'emballage sont subordonnées à la production d'acide lactique à coût bas, compte tenu de la faiblesse des prix des matières actuellement employées dans ce domaine.

- Le polyhydroxybutyrate (P.H.B.) et le copolymère de polyhydroxybutyrate valérate (P.H.B.V.) résultent de la formation de glucose. Ils trouvent déjà, comme le précédent, des applications semblables dans le domaine médical. Leur développement est également tributaire de leur prix de revient. Le glucose, c'est-à-dire l'amidon constitue la matière de base de ces deux types de polyester.

D'autres matières premières pourraient permettre de fabriquer ce type de matériaux, notamment la cellulose.

Si des perspectives existent ainsi réellement, il convient cependant de conserver une réserve dans ce domaine.

En effet, et nous y avons déjà fait allusion, la contrainte de prix risque de rester pour un temps sans doute encore assez long un obstacle dirimant, compte tenu du coût extrêmement bas des matériaux actuels.

De plus la concurrence s'organise déjà en matière de modes de production.

Un certain nombre d'entreprises chimiques et de laboratoires essaient de faire produire directement par une plante certains de ces polyesters. Ainsi des chercheurs américains ont réussi à faire produire, à titre expérimental, des microgranules du P.H.B. auquel nous venons de faire allusion, par des plantes génétiquement modifiées.

D'autres concurrents sont déjà en lice pour faire produire ce P.H.B., par des cultures de bactéries en présence de méthanol. Il serait aussi possible de faire produire en même temps par la même bactérie à la fois du P.H.B. et du P.H.B.V.

Les biopolymères risquent donc de rester encore du domaine soit des expériences soit des productions très onéreuses pour un temps assez long. Une action utile à avoir à court terme dans ce domaine serait d'élaborer une définition commune et reconnue à l'échelle européenne de la biodégradabilité.

6 - L'exploitation de l'énergie de la biomasse solide

Nous évoquerons l'énergie que l'on peut extraire de la biomasse solide, à l'exclusion des biocarburants traités plus haut. C'est un emploi très traditionnel.

Il y a un certain nombre de destinations possibles pour cette énergie. Les matières utilisables ainsi que les technologies sont multiples. Cette énergie de la biomasse est déjà utilisée dans un certain nombre de pays, alors qu'en France seules un certain nombre d'actions sont conduites.

A - Les utilisations de cette énergie

Comme le note le rapport d'"Espaces pour Demain" déjà cité, toute biomasse est combustible à la condition que sa teneur en eau soit inférieure à un certain seuil, soit, pratiquement, 65%. Au-delà de cette teneur il est nécessaire d'ajouter un combustible d'appoint, du mazout en général, pour obtenir la combustion. Enfin plus la teneur en eau est élevée, plus la proportion d'énergie contenue dans la biomasse utilisée pour l'évaporation de l'eau est grande, plus la proportion d'énergie réellement employable est faible.

La biomasse solide est donc utilisée par combustion pour la fourniture de chaleur. Celle-ci est employée pour le chauffage direct de locaux, par eau chaude ou vapeur chaude, dans des chaudières individuelles ou collectives, ces dernières pouvant alimenter des réseaux de chaleur.

La combustion de cette biomasse solide peut également servir à la fabrication d'électricité. Il faut noter à cet égard qu'une unité de production d'électricité d'une puissance de 100 MWe fonctionnant 2 000 heures par an nécessite une aire d'approvisionnement de taillis à courte rotation de 9 000 hectares.

La combinaison des deux modes d'utilisation se trouve réunie dans les installations dites de cogénération qui permettent d'alimenter à la fois un réseau de chauffage et une installation de production d'électricité. Ce mode combiné améliore de façon très notable le bilan économique de l'installation.

Les combustibles qu'il est possible d'employer sont assez variés.

B - Les combustibles

Le principal combustible est naturellement le bois mais d'autres sources sont exploitables ou envisageables.

a - Le bois

Le bois représente à la fois l'énergie la plus anciennement utilisée sur la Terre et aussi la plus répandue.

Le bois représente en effet environ 5,5% de l'énergie utilisée dans le monde avec des variations très importantes suivant les régions. C'est ainsi que les pays développés n'ont recours à lui, en moyenne, que pour 0,7% alors que les pays en développement en dépendent, en moyenne, pour 20%, sans oublier que les pays du Sahel en sont tributaires, eux, pour 90%.

Les formes utilisables à cette fin de ce matériau sont très diverses : bûches de diverses longueurs, copeaux, écorce, déchets et chutes de l'industrie du bois, bois de rebut des produits en fin d'usage tels les cageots et les palettes, les dosses... Il faut noter que le bois déchiqueté brûle beaucoup mieux que le rondin et produit relativement moins de cendres.

La première source de bois est naturellement la forêt.

D'autres sources de bois, autres que la forêt traditionnelle sont envisageables. Ce sont des cultures qui peuvent être implantées sur les surfaces de terres gelées dans le cadre de la nouvelle politique agricole commune.

Parmi celles-ci on peut citer les plantations de taillis à courte ou à très courte rotation.

Celles-ci utilisent des espèces à croissance rapide. Il s'agit essentiellement de cultures de saules ou de peupliers à très forte densité pouvant comprendre jusqu'à 18 000 plants à l'hectare. Le nombre de récoltes pourrait atteindre trois à sept sur un cycle complet de production de l'ordre de 21 ans. Il est estimé qu'une production de 40 tonnes de matière sèche à l'hectare tous les trois ans serait possible. La filière la plus intéressante en ce domaine semble être la récolte du bois en javelles avec un stockage en l'état en bout de champ suivi d'un déchiquetage et d'un transport vers les centres de consommation au fur et à mesure des besoins.

b - Les autres sources envisageables

Toutes les plantes constituées de matière ligno-cellulosique pourraient faire l'objet de combustion pour fournir de l'énergie. Mais naturellement il convient de retenir en priorité celles qui sont le plus facile à faire pousser et présentant aussi un excellent rendement en matière sèche.

Les essais sont menés sur un certain nombre de plantes :

- plantes pérennes : graminées, roseaux, miscanthus, canne de Provence
- plantes annuelles : sorgho papetier, céréales diverses (triticale, fétuque...)

Concernant les céréales qui doivent alors être cultivées de manière à maximiser la production de matière sèche, rien ne s'opposerait à ce que l'on brûlât l'ensemble de la plante, paille et graines.

Mais les graines, et en particulier les céréales, ont été pendant très longtemps réservées exclusivement à l'alimentation humaine, en dehors des petits grains donnés aux volailles. Il y a donc dans la mémoire collective humaine une certaine sacralisation de ces céréales. Cette situation a été avivée par le souvenir des conséquences dramatiques des grandes pénuries historiques. Cet état d'esprit perdure compte tenu des ravages que la disette continue à faire dans un grand nombre de pays... Il apparaît donc encore difficile d'un point de vue psychologique de préconiser la culture de céréales pour, *in fine*, les brûler. Les expériences brésiliennes ont laissé dans l'esprit des Français des souvenirs indignés.

Il faut noter qu'à la Réunion, comme on le verra plus loin, on utilise la bagasse pour produire de l'électricité. La bagasse est un résidu du procédé de traitement de la canne à sucre, c'est la fibre de canne restant après l'extraction du sucre. Cette bagasse a, à titre de comparaison, un pouvoir calorifique supérieur à celui de nombreux lignites exploités dans le monde.

Cependant il faut signaler que l'emploi de ces combustibles présente un certain nombre d'aléas.

Le premier de ceux-ci est qu'il implique le transfert de volumes considérables, qu'il nécessite de la place pour le stockage et des machines onéreuses pour les manipulations. Il requiert aussi des installations de combustion assez volumineuses, donc coûteuses.

Mais cette utilisation de la biomasse solide peut également présenter des inconvénients pour l'environnement. Ainsi l'expérience danoise d'utilisation des pailles a-t-elle révélé que celle-ci est très corrosive à haute température du fait de sa teneur naturelle élevée en chlore et en métaux alcalins.

C - Les technologies de combustion de la biomasse

Comme l'indique le rapport d'"Espaces pour demain", deux types de technologies peuvent être envisagées : la combustion directe et indirecte de la biomasse.

a - La combustion directe

C'est la forme traditionnelle d'exploitation de la capacité calorifique de la biomasse : celle-ci est brûlée directement dans des installations de combustion.

Il s'agit alors :

- soit d'installations individuelles de chauffage dont l'efficacité n'est pas toujours performante sauf dans le cas des chaudières dites "turbo" dont le rendement peut atteindre 70 à 80%, c'est-à-dire presque autant qu'une chaudière au mazout,
- soit d'installations de chauffage collectif avec des chaudières d'une puissance de 500 kW thermiques (th) à quelques MWth,
- soit d'installations industrielles de production de vapeur avec des chaudières dont la puissance peut aller jusqu'à 100 MWth.

Les deux dernières catégories de chaudières exigent des systèmes d'alimentation automatique pour obtenir des coûts d'exploitation économiques et également des dispositifs de maîtrise des pollutions locales résultant des émissions de poussières. Pour ces installations les technologies de combustion dérivent de celles utilisées pour les centrales à charbon avec, notamment l'utilisation de chaudières à grille et à lit fluidisé pour les puissances importantes.

b - La combustion indirecte

La combustion indirecte de la biomasse reste encore en très grande partie un domaine de recherches. Il s'agit de transformer la biomasse brute en un combustible plus facilement employable en le rendant plus liquide et moins cendrex, plus facilement transportable et stockable.

Les voies de recherche sont les suivantes :

- utilisation d'un mélange ternaire charbon végétal/eau/mazout,
- utilisation d'un mélange binaire charbon végétal/mazout,
- pyrolyse flash de la biomasse lignocellulosique,
- utilisation de poudre de biomasse hydrolysée, séchée et débarrassée des métaux alcalins mise en suspension dans du mazout
- combustion après gazéification.

Enfin des études sont actuellement menées sur le développement à plus long terme d'une filière fondée sur la gazéification sous pression de la biomasse afin

d'alimenter une turbine à gaz dans un cycle combiné avec une turbine à vapeur. Les rendements de conversion espérés d'une telle technologie sont estimés à environ 40%. Il faut cependant noter que ce type de technique ne pourra sans doute, compte tenu de son coût, n'être envisageable que pour des unités d'au moins 100 MWe. Ces développements risquent aussi de poser des problèmes d'environnement importants et spécialement concernant l'élimination des cendres par filtration à haute température.

Un certain nombre de pays ont lancé des actions importantes dans ce domaine de l'utilisation énergétique de la biomasse.

D - Les expériences étrangères d'utilisation énergétique de la biomasse

Nous évoquerons trois pays européens et les Etats-Unis.

a - Les pays européens

- Le Danemark

Nous avons pu noter lors de notre mission au Danemark que, pour ce pays, l'essentiel des marchés des produits agricoles utilisés à des fins non alimentaires est le marché de l'énergie. Aussi les travaux de recherche sont-ils centrés sur l'utilisation des pailles et des copeaux de bois. Il est ainsi prévu qu'en 2000 1,2 million de tonnes de paille et 0,2 million de tonnes de copeaux de bois contribueront à la fourniture d'énergie.

Les cultures de plantes pouvant être brûlées comme le miscanthus font l'objet d'expérimentations actives. Il faut tout de même noter que le gouvernement danois s'est opposé en 1992 au projet d'une entreprise d'électricité qui souhaitait brûler du blé, ce qui a été transcrit dans une loi. Nous avons cependant rencontré des interlocuteurs souhaitant son abolition dans la mesure où les grains se révéleraient être de meilleurs combustibles que la paille. Nous avons déjà donné plus haut notre sentiment sur ce sujet.

L'accent est mis dans ce pays sur la cogénération dont l'exploitation est facilitée par l'existence de réseaux de chaleur de grande taille.

- L'Italie

Il y a dans ce pays un projet de petite centrale thermique de cogénération. Cette centrale doit brûler des copeaux de bois, de la paille, des branches de robinier, de sorgho et autres végétaux pauvres qu'il est prévu de cultiver aux alentours sur des terres gelées.

- L'Autriche

C'est certainement un des pays dont l'action est la plus importante dans cette voie. L'Autriche mène une politique volontariste de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies renouvelables dans une triple perspective d'indépendance énergétique, de protection de l'environnement et d'aménagement du territoire.

Avec 40% de superficies forestières, l'Autriche dispose d'importantes quantités de petits bois et de sous-produits de l'industrie du bois. Le chauffage collectif au bois est ainsi conçu par l'Etat et les régions comme un facteur d'aménagement de l'espace et du maintien de l'emploi en zone rurale. Depuis le début des années 1980, les pouvoirs publics autrichiens ont ainsi maintenu une orientation, assortie de moyens financiers, qui a permis la mise en service de milliers de chaufferies collectives au bois, très souvent associées à des réseaux de chaleur.

Il faut noter qu'un des résultats de cette politique poursuivie avec constance a été l'ouverture d'un marché de dimension significative. Celui-ci a entraîné l'émergence d'une filière industrielle complète, avec des constructeurs, des bureaux d'études, des installateurs et un bureau de contrôle spécialisé garantissant aux maîtres d'ouvrages publics et privés des résultats très satisfaisants.

b - Les Etats-Unis

Actuellement les Etats-Unis disposent d'un parc de centrales électriques à bois représentant une puissance installée d'environ 3 500 MWe. Les puissances unitaires installées vont de 5 à 25 MWe.

Dans ce pays les projets sont de pouvoir faire fonctionner un certain nombre de centrales thermiques au charbon avec des combustibles issus de la biomasse solide et notamment les déchets de bois. Des essais de plantes cultivées sur des surfaces en jachère sont menés afin d'être incorporées à ces combustibles.

E - Les actions conduites en France

On donnera un aperçu de l'action conduite en France métropolitaine et de celle, plus spécifique, menée dans certains départements d'Outre-mer.

a - La France métropolitaine

Actuellement le chauffage au bois représente dans notre pays environ 8 à 9 millions de tonnes d'équivalent pétrole (T.E.P.), soit plus de 4% des besoins en énergie primaire. Près de trois cents installations de chauffage de toutes tailles brûlent ainsi actuellement du bois.

Cette consommation se répartit entre :

- plus de 7 millions de T.E.P. pour le chauffage domestique,
- 1 million de T.E.P. dans l'industrie du bois qui valorise ainsi ses propres déchets,
- plus de 100 000 T.E.P. dans des chaufferies collectives automatiques.

Mais le développement de cet emploi a subi une très longue éclipse entre les années 1950 et le premier choc pétrolier compte tenu de la baisse régulière des prix du pétrole.

Les pouvoirs publics ont voulu donner un nouvel élan à cette filière énergétique et ont lancé en 1994 un plan bois-énergie. Sa réalisation a été confiée à l'A.D.E.M.E. avec l'appui des ministères de l'industrie, de l'agriculture et de l'environnement.

L'objectif de ce plan était de s'engager auprès des départements et des régions pour aider les maîtres d'ouvrages à investir dans le chauffage collectif au bois et mettre en place de véritables structures d'approvisionnement.

Il fallait ainsi d'abord obvier aux faiblesses existant à la fois en amont et en aval. En effet en amont, l'approvisionnement n'était pas toujours fiable en quantité, en régularité et en prix. En aval, il y avait des difficultés liées à la maintenance et au fonctionnement des chaudières compte tenu du fait qu'on ne disposait pas toujours de personnel expérimenté pouvant assurer le suivi des opérations mises en place.

Dès le début de l'année 1995 les études de faisabilité ont été conduites sur un certain nombre de projets déjà avancés. Au début de 1996 le plan bois-énergie a atteint son régime de croisière avec le lancement d'un grand nombre d'études de faisabilité, la décision d'investissement sur plusieurs sites et aussi le démarrage de quelques unités. C'est ainsi le cas d'une dizaine de chaufferies situées notamment en Franche-Comté, en Haute-Marne et dans le Jura.

A la fin de l'année 1996, 116 projets de chaufferies étaient en cours d'évaluation. Ils représentaient au total une puissance de 171 MW.

Les chaufferies au bois entraînent d'importantes économies de fonctionnement par rapport aux énergies fossiles mais, comme on l'a déjà souligné, elles requièrent au départ des investissements lourds. Les actions publiques sont donc essentiellement des soutiens à l'investissement.

Comme l'a indiqué récemment M. Philippe Mauguin, directeur de l'agriculture et des bioénergies de l'A.D.E.M.E., l'Etat et l'A.D.E.M.E. fournissent des aides représentant en moyenne 15% des investissements, les collectivités locales et les fonds européens, chacun 15% également. L'A.D.E.M.E. fournira

jusqu'au terme de ce plan, c'est-à-dire 1998/1999, 74 millions de francs, soit 16 à 17 millions par an, les collectivités locales et l'Europe 140 millions de francs, ce qui représentera 210 millions de francs d'argent public. Les investissements totaux ainsi générés devraient atteindre environ 500 millions de francs.

Mais les avantages à attendre du chauffage au bois ne se situent pas uniquement dans les économies de matières fossiles. En effet des conséquences favorables en matière de créations d'emplois peuvent en être attendues. De fait les activités comme la collecte et le conditionnement du bois et des déchets du bois nécessitent plus d'emplois que l'entretien d'une canalisation de gaz ou la livraison du mazout.

Comme le notait encore M. Philippe Mauguin, à moyen terme, l'impact de ce plan sur l'activité et le développement local dans les zones rurales, les plus menacées par la désertification, est évalué à plusieurs centaines d'emplois. Les premiers à être créés le seront au niveau des techniciens et gestionnaires de chaufferies, de la collecte et du conditionnement du bois combustible. Il y aura ensuite tous les emplois indirects maintenus, certes beaucoup plus difficiles à évaluer, qui sont liés à la vie de la forêt et des industries du bois, aux impacts indirects sur l'économie locale et au développement d'une activité nouvelle. Il indiquait ainsi qu'à la fin de l'année dernière, une trentaine d'emplois avaient été créés, dont seize directs pour 2 300 T.E.P. substituées. Il estimait qu'il y en aura certainement beaucoup plus en fin de plan, c'est-à-dire lorsque la plupart des chaufferies projetées seront mises en route et les filières d'approvisionnement structurées.

Il me semble qu'il convient d'examiner avec tout le soin nécessaire les résultats de ce plan "bois-énergie" aussi bien en matière de fourniture d'énergie *stricto sensu* que s'agissant de la création et du maintien d'emplois dans les zones rurales. La part du résidentiel collectif et du tertiaire chauffé au bois semble encore bien faible et une priorité évidente est de parvenir à l'augmenter. Elle nous paraît importante pour l'avenir.

Certes la puissance qui sera installée à l'issue de ce plan ne bouleversera évidemment pas le bilan énergétique français. Mais il peut indiquer une direction à prendre. En effet tout le monde convient que les ressources françaises en bois sont très sous-exploitées, alors que le potentiel de bois-énergie supplémentaire mobilisable serait d'environ 3,3 millions de T.E.P. par an. Il faut enfin noter que ces réserves croissent du fait de la reconquête par la forêt d'un grand nombre de terres agricoles touchées par l'abandon des cultures.

La véritable finalité de ce plan "bois-énergie" est de préparer l'avenir quand les progrès de toute la filière rendront le chauffage collectif au bois issu de la forêt ou de cultures énergétiques sensiblement moins cher que ses concurrents.

Le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire dans l'habitat collectif et le tertiaire consomment aujourd'hui environ 20 millions de T.E.P. par an. Compte

tenu des ressources forestières connues et agricoles envisageables, on peut imaginer que la biomasse solide pourrait assurer à long terme un cinquième de ces besoins. Cela se traduirait, selon les estimations actuelles, par la création de 10 000 emplois supplémentaires, des zones rurales maintenues en vie et une économie de devises de l'ordre de cinq milliards de francs.

Quelques auteurs, dont M. Jean-Claude Sourié, de l'I.N.R.A., estiment que la production de chaleur en zone rurale pour des besoins de moyenne puissance est un créneau intéressant. Il pense que ces filières sont probablement moins coûteuses en terme d'aides publiques que les filières "biocarburants" surtout si les sous produits agricoles comme la paille et ceux de la première transformation du bois sont utilisés. Selon lui des cultures ligno-cellulosiques herbacées comme le triticales et la fétuque offrent une source de matière sèche assez économique disponible à un prix voisin de 250 francs la tonne sur terre gelée et 350 francs la tonne sur des surfaces hors gel.

Il semble qu'il serait nécessaire que s'instaure une réflexion globale sur ce thème qui ne doit pas se cantonner au domaine strictement économique mais envisager son caractère global, c'est-à-dire englober l'économie, le social, l'aménagement du territoire et la place à réserver ou non à l'agriculture dans l'organisation de notre cadre de vie. Nous retrouverons tous ces thèmes dans le dernier chapitre de ce rapport.

Cette réflexion est d'autant plus nécessaire qu'il serait assez simpliste de préconiser de façon abrupte le reboisement généralisé car un certain nombre de problèmes se pose alors. Le premier de ceux-ci est d'ordre technique. Il n'est en effet pas simple d'enraciner des arbres sur des terres dont seulement quarante centimètres ont été régulièrement labourés. Il faut aussi prendre en compte l'absence sur ces terrains de la microflore (bactéries et mycorhizes) nécessaire à la croissance de la plupart des arbres.

b - Les départements d'Outre-mer

Comme on l'a déjà signalé la bagasse de canne à sucre est utilisée pour produire de l'électricité à la Réunion et le sera prochainement à la Guadeloupe. Il convient de souligner que pendant la campagne sucrière qui dure environ un semestre, la centrale fonctionne en cogénération avec la bagasse comme combustible. En dehors de cette période elle fonctionne comme une centrale thermique classique au charbon.

Dans l'île de la Réunion, deux centrales thermiques utilisant ce matériau ont été construites à proximité de deux usines sucrières. Avec deux millions de tonnes de canne à sucre produites chaque année, la Réunion dispose de 640 000 tonnes de bagasse, ce qui équivaut à 640 000 tonnes de lignite ou 120 000 tonnes de fioul lourd.

La première centrale d'une puissance de 2 x 30 MW a été mise en service en juillet 1992. La combustion de cette bagasse assure 40% de la production de cette centrale qui fournit 30% de l'électricité de l'île. Une autre centrale semblable a été mise en service en 1995.

A la Guadeloupe une centrale de cogénération vapeur et électricité brûlant de la bagasse et du charbon d'une capacité de 60 MW va être construite. Une partie de la vapeur sera destinée à satisfaire les besoins en chaleur d'une sucrerie voisine et le reste sera mis à la disposition d'E.D.F. pour produire de l'électricité. Sa mise en service devrait avoir lieu en 1999, l'investissement total étant de 700 millions de francs.

Il faut noter que l'expérience que ces réalisations apportent à la Réunion et à la Guadeloupe pourrait être utilisée quand cette filière se développera dans d'autres pays similaires.

7 - Les productions agricoles à but non alimentaire peuvent-elles se développer ?

Il ne faut pas se cacher qu'actuellement la situation de ces productions est, à quelques exceptions près, généralement difficile. Des espoirs reposent sur les biotechnologies et sur des actions de recherche sur le sens desquelles il convient de s'interroger. Cependant, malgré ces difficultés, la préparation du long terme s'impose.

A - Une situation actuelle difficile

La situation actuelle de ces productions est difficile du fait des choix à effectuer et de leur faible compétitivité actuelle.

a - Les choix à effectuer

La production de ces biens est conditionnée par les réponses qui seront apportées à deux séries de questions : la première concerne le prix du pétrole et les normes d'environnement et la seconde le choix à effectuer entre le tonnage et la valeur des productions.

- La question du prix du pétrole et des normes d'environnement

La première de celles-ci est la position de ces productions par rapport aux prix du pétrole et aux normes fixées en matière d'environnement. La seconde concerne la double échelle des valeurs et des tonnages.

- Position de ces productions par rapport au prix du pétrole et aux normes d'environnement

Les productions agricoles à but non alimentaire entrent pratiquement toutes en concurrence avec les produits dérivés du pétrole, que ce soit les carburants pour automobiles ou les matières élaborées par la pétrochimie. Ce prix est donc un déterminant très important. L'autre déterminant est constitué par les normes environnementales que chacun de ces produits doit respecter. Ces deux contraintes peuvent être combinées pour déterminer l'espace dans lequel les productions agricoles à but non alimentaire peuvent ou non se développer. Le graphique suivant illustre, d'après un document communiqué par M. de Baynast, de façon schématique cet espace :

Contrainte
d'environnement

Forte

Stratégie de masse ciblée
sur produits sensibles
. matière plastique (emballages)
. détergents
. solvants
. Substitution de produits
nocifs (métaux lourds)

II

I

Utilisation massive de la biomasse
végétale renouvelable
Contribution à la baisse de l'effet de serre

III

Faible

Stratégie de Niches de
marchés liés aux propriétés
spécifiques du monde végétal

. lipides —————> lipochimie
. amidons> papier
. substrats de fermentation

20

40

60

Contrainte
Prix du pétrole \$/Baril

Le domaine noté I se caractérise par de faibles contraintes : prix du baril de pétrole faible et normes d'environnement peu contraignantes. Il ne peut y avoir là en termes de productions agricoles à but non alimentaires qu'une stratégie de niches de marchés liés aux propriétés spécifiques du monde végétal. L'emploi-type est l'utilisation de l'amidon dans l'industrie papetière dont nous avons vu que le développement est très satisfaisant.

Le domaine II associe un prix du pétrole faible avec des normes environnementales sévères. Ces dernières peuvent consister en des obligations d'innocuité de rejets, d'interdiction d'emploi de certaines substances, ou même de la nécessité d'épargner des ressources non renouvelables. Les produits agricoles peuvent là être employés pour la fabrication de détergents, de solvants ou en substitution à des produits considérés comme nocifs.

La partie III du schéma est la situation cumulant le maximum de contraintes : normes environnementales sévères et prix élevé ou très élevé du pétrole. C'est en quelque sorte la situation idéale pour les productions agricoles à but non alimentaire. Dans une telle situation on va avoir recours à une utilisation massive de la biomasse végétale et dans pratiquement tous les domaines compte tenu de son caractère renouvelable et de ses qualités environnementales.

Ce sont donc les trois situations théoriques qui correspondent le plus à la réalité.

Nous sommes actuellement quelque part dans le haut du domaine I avec une énergie encore bon marché et des contraintes environnementales que l'on peut encore considérer comme relativement faibles.

Comme l'indique avec raison M. Régis de Baynast, le rapport de M. Désiré Devienne a analysé en 1976 une situation se situant entièrement dans le secteur I. L'accentuation des mesures visant à protéger l'environnement pourra nous faire passer dans le domaine II. Il y aura une augmentation de la compétitivité des productions agricoles à but non alimentaire. C'est lorsque nous serons dans le domaine III que ces productions pourront véritablement s'imposer.

Ce schéma indique d'ailleurs, en abscisse et en ordonnée, les possibilités d'actions pouvant s'ouvrir dans ce domaine aux pouvoirs publics.

Il y a ainsi d'abord la possibilité d'action sur le prix du pétrole en le renchérissant au moyen d'un certain nombre de taxations. Mais, et c'est certainement la pensée de M. Régis de Baynast quand il préconise le passage dans le II, on peut considérer que le prix du pétrole s'impose plus ou moins tel quel aux autorités publiques et que l'activité générale du pays dépend de la faible valeur du baril de brut.

Reste donc la possibilité d'une action sur les contraintes d'environnement qui sont peut-être plus faciles à faire accepter qu'une taxation supplémentaire. Cette

accentuation de la sévérité des normes environnementales qui est la règle aujourd'hui sera sans doute et à terme la plus facile à transposer en Europe.

- La double échelle des valeurs et des tonnages

Celle-ci est matérialisée par le schéma suivant qui a également été communiqué par M. Régis de Baynast :



On voit ainsi qu'il s'agit là d'une double échelle inversée. Les produits de faible valeur nécessitent des tonnages importants de matières premières et, partant,

des surfaces cultivées importantes. A l'opposé les produits ayant le plus de valeur ne nécessitent que peu de matières premières et n'occupent donc également que des superficies restreintes.

Les produits dont la valeur est la plus faible sont représentés par les biocarburants et les biocombustibles qui sont les formes les moins sophistiquées d'utilisation non alimentaire des produits agricoles. Dans le haut de l'échelle se trouvent les produits de la chimie fine et les médicaments. On retrouve les produits auxquels nous avons fait allusion dans les chapitres précédents.

Les valeurs de ces différents produits peuvent être très contrastées.

Ainsi en bas de l'échelle et représentant des tonnages importants, trouvons-nous des prix généralement très faibles de l'ordre de un franc à dix francs par kilogramme. En haut les produits peuvent atteindre des prix de cent francs et plus le kilogramme, ces fortes valeurs ne portant que sur de faibles quantités.

La conséquence de cette situation est qu'il sera sans doute nécessaire de faire, à conditions de production égales par ailleurs, un choix entre le revenu des producteurs de matières premières et l'emploi et/ou les superficies employées. Or, comme beaucoup de commentateurs l'ont noté, ce sont les hectares de terre et le travail des agriculteurs qui sont, avant tout, disponibles...

Cette double échelle inspire également la question très importante de savoir à qui échoit la meilleure part de la valeur marchande finale de ces productions.

Il semble bien en fait que plus on s'élève dans cette double échelle, plus la valeur ajoutée réside dans les processus de transformation industrielle et moins elle se trouve dans la production primaire de matières premières. C'est-à-dire que les produits à haute valeur ajoutée procurent plus de revenus et aussi certainement plus d'emplois au secteur industriel qu'au secteur primaire.

Ce problème du prix des matières premières agricoles à utilisation non alimentaire est important. Il y a en effet une opposition entre le souhait que celles-ci soient vendues le plus cher possible aux industries de transformation afin d'augmenter le revenu agricole et la concurrence qu'elles doivent alors affronter. Elles souffrent alors d'une faible compétitivité, comme c'est le cas actuellement.

b - La faible compétitivité des utilisations non alimentaires des produits agricoles

Cette faible compétitivité de ces produits est, selon nous, due à trois séries de raisons : le niveau du prix et les qualités du pétrole, les immenses possibilités de la chimie de synthèse et un certain nombre de difficultés intrinsèques de ces productions.

- Le prix et les qualités du pétrole

Toutes les personnes rencontrées ont été unanimes à considérer qu'une des principales explications des difficultés auxquelles se heurtent les productions agricoles à but non alimentaire était la concurrence du pétrole dont le prix est actuellement bas.

Selon l'expression employée par un de nos interlocuteurs danois, "ce prix verrouille absolument tout". C'est un fait que le bas prix du pétrole a coupé tous les circuits biologiques : autrefois par exemple la paille et tous les sous-produits combustibles des exploitations agricoles étaient utilisés pour produire de la chaleur. Ces temps sont révolus car il est devenu actuellement plus commode et bien meilleur marché d'utiliser du mazout.

Outre son prix actuel, le pétrole est une matière première présentant d'énormes qualités.

Ainsi il est disponible sous forme liquide et donc facilement transportable et manipulable. Autre qualité tout à fait considérable et certainement primordiale, ses principes utiles sont très concentrés. Il a fait l'objet depuis maintenant plus d'un siècle d'efforts très importants d'investissements, et les quantités produites lui donnent un avantage considérable en matière de coûts de production. Tout cela lui permet de constituer la base très solide d'une puissante chimie de synthèse aux immenses possibilités.

- Les immenses possibilités de la chimie de synthèse

Nous ne décrivons évidemment pas les innombrables produits de la chimie de synthèse car elles sont dans l'esprit de tout le monde tant notre vie nous amène à les côtoyer de façon très courante et quotidienne.

On insistera ici uniquement sur l'extraordinaire potentiel de cette industrie à entreprendre les synthèses les plus variées. Je suis intimement persuadé que si on trouvait dans une plante un principe actif très important, les chimistes en tenteraient quasi -immédiatement la synthèse pour s'affranchir des contraintes de la production des produits naturels qui est réelle ainsi que nous le verrons plus loin.

Cette conviction peut être illustrée par le taxol, médicament anticancéreux extrait de l'écorce de l'if et découvert au tout début des années 1990. L'extraction de ce principe actif était très difficile dans la mesure où il fallait disposer pour ce faire de quantités très importantes d'écorce. Environ quatre années plus tard, la synthèse, nécessitant pas moins de trente étapes, de ce principe actif était réalisée. Certes les coûts de production restaient extrêmement élevés mais la faisabilité technique était démontrée.

L'exemple de la cortisone, aux usages si extensifs dans le traitement de nombreuses maladies est là également pour montrer qu'à partir d'une racine

mexicaine, les chimistes modernes pouvaient synthétiser les molécules les plus complexes.

Une des forces de cette industrie chimique réside aussi dans le fait, comme l'a rappelé M. Daniel Richard-Molard, qu'elle peut produire pratiquement tout en utilisant très peu de pétrole, donc avec un faible coût de matières premières. Il indiquait ainsi que s'il, y avait concurrence pour la production de polymères entre la pétrochimie et les produits agricoles, ces derniers seraient nécessairement, à l'heure actuelle, hors course sur le plan économique.

Par contre il faut noter qu'il existe des domaines où la voie biologique est plus performante que la synthèse chimique. Il en est par exemple ainsi de la biosynthèse des acides aminés où n'est recherchée que l'obtention du seul isomère lévogyre.

Un chimiste sait parfaitement faire des mélanges d'isomères lévogyre et dextrogyre. Mais il obtient plus difficilement de façon indépendante un isomère lévogyre et un isomère dextrogyre. M. Paul Colonna a ainsi évoqué devant nous le cas du tryptophane, acide aminé indispensable à l'organisme, dont la synthèse chimique est possible. Mais on obtient un isomère lévogyre avec des traces de l'isomère dextrogyre dont la présence est néfaste. Cette situation avait abouti à l'interdiction de la commercialisation de ce tryptophane de synthèse.

Il est également plus facile d'obtenir des concentrations par la voie de la biologie que par la voie chimique.

Mais en dehors de quelques cas, les produits agricoles à usages non alimentaires souffrent d'un certain nombre de difficultés intrinsèques.

- Les difficultés intrinsèques de ces productions

La principale difficulté de la production de matières agricoles à but non alimentaire tient avant tout au fait qu'il s'agit de matière vivante, soumise de ce fait à un certain nombre d'aléas. Des difficultés proprement techniques peuvent également exister.

La première de celles-ci est la faiblesse du rendement de la photosynthèse dont nous avons évoqué le mécanisme dans le premier chapitre de ce rapport.

En effet le rendement énergétique maximal de la photosynthèse nette, en lumière naturelle ne dépasse pas 10 à 15% de l'énergie reçue. Si l'on tient compte du rythme nyctéméral d'éclairement, ce rendement énergétique rapporté à un cycle naturel de 24 heures ne dépasse pas 7 à 10%. En moyenne, pendant les périodes de végétation active, il est situé aux environs de 4% par rapport à l'énergie lumineuse arrivant au sol pour les plantes des régions tempérées comme par exemple le blé ou la betterave. Ce rendement atteint entre 6 et 8% dans le cas des plantes des régions subtropicales ou tropicales comme la canne à sucre. Certes

la masse de carbone fixée annuellement est au total énorme mais cette énergie est extrêmement diluée au contraire des énergies fossiles très concentrées.

La disponibilité de cette matière vivante est extrêmement dépendante d'un certain nombre d'aléas et notamment les variations climatiques telles que sécheresses, inondations, grêles voire cyclones en Outre-mer... qui peuvent avoir un grand caractère de destruction massive sur la végétation.

La matière vivante est également susceptible d'être affectée d'une forte variabilité du fait du manque de reproductibilité entre individus et entre récoltes. La conséquence est que les industriels peuvent être dissuadés d'employer ces matières premières s'ils ne sont pas convaincus d'une certaine stabilité en matière de niveau de prix, de régularité d'approvisionnement, de suivi et de régularité dans les spécifications de qualité qui leur sont nécessaires.

De ce point de vue il est nécessaire d'être conscient du fait que la politique de gel des terres, conçue de façon explicite comme un simple instrument de gestion, entretient une forte incertitude sur les productions et sur le niveau des prix.

Le gel obligatoire est un facteur important de baisse des coûts des matières premières agricoles produites à des fins non alimentaires. Mais ce taux de gel a varié un certain nombre de fois depuis son instauration, ce qui entretient une incertitude certainement préjudiciable à l'établissement de relations stables entre agriculture et industrie. De ce point de vue la suppression totale du gel des terres serait sans doute un facteur important de renchérissement des matières premières agricoles. Il en résulterait probablement une tendance à la déstabilisation économique des filières non alimentaires qui ont pu s'ébaucher, sauf à recourir à des matières premières agricoles importées de pays à bas coûts de production. C'est pourquoi il conviendrait d'être très attentif à ne pas désorganiser ces filières.

Comme exemple des difficultés proprement techniques présentées par les produits naturels par opposition aux matières synthétiques, on peut évoquer les difficultés présentées par l'usage des colorants naturels par rapport aux colorants chimiques.

En effet dans la nature le colorant se présente sous la forme de glucoside. Cela implique de soumettre la plante à un processus de fermentation plus ou moins long pour l'extraire. De plus, à part l'indigo ou le pastel, ces colorants ne peuvent pas être appliqués directement sur les fibres textiles. Un mordantage préalable avec des sels de métaux lourds (aluminium, chrome, cuivre, fer, étain) est nécessaire. Le suivi des couleurs est aussi difficile à effectuer dans la mesure où la teinture peut varier suivant la région de production, la pluviosité ou la sécheresse pendant la période de croissance des plantes... La palette des couleurs pouvant être obtenue est assez restreinte alors que les colorants de synthèse, comme ceux issus de la filière aniline, peuvent avoir des nuances brillantes et variées impossible à obtenir avec les colorants naturels. Enfin ces derniers ne peuvent répondre que difficilement à la nécessité de solidité au lavage et à la lumière.

Cependant une partie des difficultés que nous venons d'évoquer pourraient trouver des solutions avec le développement des biotechnologies.

B - Un espoir : les biotechnologies

Comme l'indique M. Axel Kahn, président de la Commission du génie biomoléculaire, on peut définir les biotechnologies comme l'utilisation par l'homme des cellules vivantes, notamment mais pas exclusivement des végétaux, pour leur faire produire des substances diverses. Les possibilités offertes par les biotechnologies ont considérablement été élargies par le développement continu du génie génétique.

Les méthodes traditionnelles de sélection étaient très longues à atteindre les résultats recherchés et conservaient un caractère très aléatoire. Les biotechnologies agissent de façon essentielle par le transfert de gènes prélevé sur un organisme vivant et portant l'information dont on désire assurer la propagation ou le transfert. Ces gènes d'intérêt sont incorporés au moyen de diverses techniques dans un autre organisme vivant. Le fonctionnement de celui-ci sera alors modifié et de nouvelles fonctions lui seront conférées.

Comme le souligne M. Axel Kahn, la très grande variété des gènes que l'on peut transférer permet d'envisager la création de nombreux types de nouvelles variétés végétales. Dans certains cas il s'agit de faciliter les pratiques culturales et d'augmenter les rendements ou de permettre la culture de plantes sur des sols difficiles ou dans des conditions climatiques défavorables.

Mais les biotechnologies sont en train de modifier le concept même des matières premières d'origine végétale. En effet les généticiens se consacraient essentiellement jusqu'à présent à l'amélioration des plantes à vocation alimentaire. Leurs regards se portent maintenant sur les végétaux pouvant fournir des matières premières autres qu'alimentaires.

Les travaux en cours portent essentiellement sur la production de molécules d'intérêt pharmaceutique et sur les matières premières pour l'industrie.

a - La production de molécules d'intérêt pharmaceutique

Nous avons vu qu'autrefois les préparations pharmaceutiques étaient essentiellement élaborées à partir des plantes. Elles ont été ensuite supplantées par les produits issus de la synthèse chimique ou des techniques de fermentations cellulaires.

Il s'agirait donc là d'une sorte de retour aux sources.

La voie la plus prometteuse à l'heure actuelle concerne la production d'anticorps comme l'indique un article paru dans le rapport 1996 de l'Institut d'études de prospective technologique (Centre commun de recherche de la Commission européenne).

Les végétaux présentent en effet des avantages considérables pour cette production du fait de leur pouvoir d'imiter les aptitudes d'assemblages de protéines des cellules de mammifères. Cette capacité est valable à la fois pour les fragments de chaîne simple comme pour les anticorps entiers.

Un certain nombre de recherches ont ainsi montré que des organes végétaux comme les graines de tabac ou les tubercules de pommes de terre conviennent bien à l'expression des fragments d'anticorps. Dès que l'A.D.N. étranger est intégré dans la plante, on peut obtenir, après quelques croisements appropriés, une variété capable de produire l'anticorps souhaité dans une proportion de 1 à 5% de la teneur totale en protéines de la plante.

Des difficultés importantes subsistent néanmoins dans la mesure où le choix du matériel végétal est naturellement crucial pour produire d'importantes quantités de ces anticorps. Des groupes de recherches examinent donc actuellement les plantes qui permettront d'obtenir le plus facilement possible les meilleurs rendements. Des obstacles doivent encore être surmontés car les protéines recombinées exprimées dans des plantes ne peuvent généralement pas être stockées sans être refroidies ou immédiatement isolées. Par contre les graines semblent devoir pouvoir conserver ces protéines pendant de longues périodes sans dégradation.

b - La production de matières premières pour l'industrie

Deux secteurs font plus particulièrement l'objet de recherches : l'élaboration d'huiles industrielles et la fabrication de matières plastiques.

- L'élaboration d'huiles industrielles

Le rapport de l'Institut d'études de prospective technologique déjà cité a fait récemment le point sur ce secteur des huiles industrielles issues de plantes modifiées génétiquement.

Ainsi la firme américaine Calgene s'est-elle engagée dans la production commerciale d'acide laurique, acide gras en C_{12} , entrant dans la composition de savons et de détergents à partir de colza génétiquement modifié. La modification de la plante a consisté à introduire un gène étranger arrêtant la synthèse de l'acide gras après 12 atomes de carbone. Cela a permis de faire produire à la plante de l'acide laurique à un taux assez élevé.

D'autres développements sont en cours. Ainsi on peut produire de la même façon de l'acide érucique pour la fabrication de lubrifiants et comme matière de

base pour l'élaboration de certaines variétés de Nylon. Cet acide peut aussi être obtenu en modifiant à cette fin des colzas.

- La production par les plantes de matières plastiques

Plusieurs recherches sont actuellement en cours sur ce domaine que nous avons déjà évoqué. Les travaux portent notamment sur le polyhydroxybutyrate dénommé plus rapidement PHB, qui peut être utilisé pour la fabrication d'emballages en polymères biodégradables. Celui-ci est un polymère normalement synthétisé par des bactéries du sol dont elles se servent comme source d'énergie pour leur métabolisme.

Lors des premières expériences, le gène du PHB de la bactérie *Alcaligenes eutrophus* a été cloné dans *Arabidopsis thaliana*, c'est-à-dire le cresson. Les plants ont alors produit du PHB, en très faible quantité, sous forme de micro granules dans le cytoplasme des cellules. Mais cette accumulation a systématiquement induit un arrêt de la croissance du végétal. L'étape suivante a consisté à insérer une portion d'un gène de pois en amont du gène du PHB dans le génome du cresson. Cela a induit une accumulation des granules de PHB à l'intérieur des chloroplastes, ce qui est sans effet sur la croissance de la plante. La concentration du PHB ainsi obtenue pourrait atteindre 100 fois celle obtenue précédemment, soit environ 14% du poids sec de la plante.

La prochaine étape devrait consister à cloner la même séquence dans une plante très facilement cultivable comme, par exemple, la pomme de terre. De très nombreuses recherches sont menées à travers le monde sur ce PHB. Cependant malgré les résultats déjà obtenus, on ne peut pas espérer pouvoir passer au stade de la culture intensive de ces plantes modifiées avant certainement au moins quatre ou cinq ans.

Alors convient-il d'être optimiste sur les espoirs que peuvent faire naître les biotechnologies pour la production de matières premières à partir de végétaux ?

A terme il me semble qu'il n'y a aucun doute que ces biotechnologies pourront faire produire aux plantes des quantités de produits utilisables dans l'industrie. Mais deux réflexions doivent tempérer ce point de vue optimiste.

Tout d'abord il est tout à fait possible que ces technologies n'entraînent pas des cultures sur de grands espaces. Il en sera certainement ainsi notamment pour les cultures pour la production de matières premières pharmaceutiques. On peut raisonnablement penser, comme nombre de nos interlocuteurs nous l'ont dit, que les besoins dans ce domaine resteront très limités et que quelques exploitations suffiront à fournir toute la matière première requise.

Autre difficulté, les recherches en biotechnologies sont très loin d'être achevées et on ne dispose pas encore, dans aucun domaine, d'échéances bien précises. Là encore c'est plutôt le long terme qui s'impose comme horizon.

Aussi faut-il nous interroger sur la recherche à mener de façon générale dans ce domaine.

C - Quelle recherche mener dans ce domaine ?

On évoquera la recherche conduite en France et en Europe avant d'examiner un concept qui nous semble très important, la *bioraffinerie*, et les problématiques de la recherche et du développement dans ce domaine.

a - La recherche en France

Au niveau des ministères, les départements de l'agriculture et de la pêche ainsi que celui de l'enseignement supérieur et de la recherche ont lancé en 1993 le troisième programme de soutien de la recherche dans les secteurs agricoles et alimentaires. Un des thèmes prioritaires retenus a été la valorisation non alimentaire des produits agricoles.

En dehors de ce plan triennal, la recherche française sur ce thème se fait essentiellement au niveau des organismes, des établissements universitaires et du Groupement d'intérêt scientifique AGRICE.

- Les organismes de recherche

Les organismes intervenant de façon majeure dans ce domaine sont l'Institut national de la recherche agronomique et le Centre national de la recherche scientifique.

- L'Institut national de la recherche agronomique (I.N.R.A.)

Lors du cinquantenaire de l'I.N.R.A., les usages non alimentaires des produits agricoles avaient été cités par son président, M. Guy Paillotin, comme un des axes des nouveaux marchés et correspondant aux nouvelles exigences à prendre en considération pour l'avenir.

Aussi a-t-il été créé au sein de cet organisme un Comité de réflexion sur les valorisations non alimentaires.

Les missions de ce Comité sont les suivantes :

- concourir à l'animation scientifique dans ce domaine, en liaison avec les secteurs et départements ainsi que les différentes instances internes et externes concernées,
- réfléchir aux axes de recherches à développer dans ce domaine dans une optique de filière et formuler à cet égard des propositions aux secteurs et départements de l'I.N.R.A.

- étudier autant que de besoin tout projet de recherche de l'I.N.R.A. ou en partenariat s'inscrivant dans le champ scientifique concerné et formuler tout avis ou recommandation à cet égard aux secteurs et départements de l'I.N.R.A.,

- organiser réunions et conférences sur ces thèmes et participer à une meilleure diffusion des travaux sur ces sujets.

Les valorisations non alimentaires des produits agricoles font l'objet à l'I.N.R.A. d'une Action incitative programmée dénommée NOVAGRI.

L'essentiel des travaux réalisés dans le cadre de NOVAGRI a trait aux valorisations non alimentaires de macromolécules, amidon et protéines pour des applications en matériaux filmogènes, thermoplastiques ou chélatants.

Trois départements de l'I.N.R.A. sont plus particulièrement concernés par ces recherches :

- Biochimie et technologie des glucides à Nantes,
- Economie et sociologie rurale à Grignon,
- Biochimie et technologie des protéines, interaction des molécules alimentaires, physico-chimie des macromolécules à Nantes.

Il faut noter un intérêt important de l'I.N.R.A. pour les biofilms biodégradables élaborés à partir de protéines animales et végétales, aux nouveaux débouchés de l'amidon, à la biochimie de la lignine et pour les applications pharmaceutiques potentielles des peptides du lactosérum.

Il est tout à fait nécessaire que l'I.N.R.A. se préoccupe de ces valorisations non alimentaire des produits agricoles dans la mesure où cet institut se doit d'être présent dans la réflexion sur les besoins de la société dans le long terme. Il semble également tout à fait indispensable que chaque produit fasse l'objet d'une réflexion systématique quant à sa possible valorisation non alimentaire. La préoccupation principale doit, dans cette voie, de plus avoir de sous-produits mais, bien au contraire des co-produits.

L'activité de l'I.N.R.A. dans ce domaine se déroule aussi en partenariat avec le Groupement d'intérêt scientifique AGRICE que nous évoquerons plus loin. La participation à celui-ci est un atout pour l'I.N.R.A. Elle lui permet en effet de bénéficier, pour ses activités dans le domaine de la valorisation non alimentaire, de possibilités élargies en matière de soutien financier et de collaborations scientifiques.

- Le Centre national de la recherche scientifique (C.N.R.S.)

Ce domaine n'est pas en tant que tel une finalité première du C.N.R.S. Cependant, comme le note son Directeur général, M. Guy Aubert, l'obtention de progrès scientifiques et technologiques déterminants dans ce domaine est en très

grande part fonction de l'avancée de connaissances plus fondamentales, mission qui appartient au C.N.R.S.

Dans ce cadre, le C.N.R.S., seul ou en coopération, poursuit notamment les activités suivantes :

- Etude de la biosynthèse de molécules d'intérêt pharmaceutique,
- Etude de la production de molécules pharmaceutiques par des plantes transgéniques,
- Recherche de molécules d'intérêt thérapeutique dans les plantes,
- Recherche en enzymologie lipidique,
- Etude de la biochimie et de la chimie structurale des polysaccharides,
- Etude de produits divers tels les caroténoïdes, terpènes, phytostérols et dérivés oxydés d'acides gras.

Le C.N.R.S. dispose également de laboratoires très impliqués dans l'utilisation de la cellulose. C'est tout particulièrement le cas de son Centre de recherches sur les macromolécules végétales (C.E.R.M.A.V.) de Grenoble.

Le C.N.R.S. participe également aux travaux d'AGRICE.

- Les établissements universitaires

Un certain nombre d'établissements universitaires réalisent des travaux dans ce domaine. La liste telle qu'elle m'a été transmise par le Ministère de l'éducation nationale et de l'Enseignement supérieur en est cependant assez courte. Elle comprend en effet : le laboratoire de chimie agro-industrielle de l'Ecole nationale supérieure de chimie de Toulouse, associé à l'I.N.R.A.; le département de génie biochimique et alimentaire de l'I.N.S.A de Toulouse, en association avec le C.N.R.S. et l'I.N.R.A.; une unité de recherche associée du C.N.R.S. avec l'université de technologie de Compiègne, en association avec le Centre de valorisation des glucides et des produits naturels d'Amiens; deux unités de l'Institut national polytechnique de Lorraine.

Il serait souhaitable que les universités augmentent leurs actions dans ce domaine, en particulier en liaison avec les organismes professionnels.

- Le groupement d'intérêt scientifique AGRICE

L'ouverture de nouveaux débouchés pour les produits agricoles nécessite sans aucun doute non seulement la mise en place de moyens de recherche importants mais aussi une coordination entre des acteurs aussi variés que les équipes pluridisciplinaires de recherche de base, les entreprises agro-industrielles et celles des secteurs utilisateurs.

A l'origine la loi de finances pour 1993 avait créé une Agence nationale pour la valorisation des cultures énergétiques (A.N.V.C.E.). Dans le même temps intervenait le rapport de M. Raymond Lévy sur les biocarburants.

Les pouvoirs publics décidaient alors après concertation avec les intéressés de transformer l'AN.V.C.E. en un groupement d'intérêt scientifique (G.I.S.) dénommé AGRICE, Agriculture pour la chimie et l'énergie.

AGRICE regroupe les partenaires suivants :

- l'A.D.E.M.E., l'I.N.R.A. et l'Institut français du pétrole (I.F.P.),
- le C.N.R.S. depuis 1995,
- les organisations professionnelles des oléagineux (ONIDOL), des céréales (A.G.P.B.), des betteraves (C.G.B.),
- les sociétés Rhône-Poulenc et Total,
- les ministères chargés de l'agriculture, de l'industrie, de la recherche et de l'environnement.

Ce groupement a été créé pour six ans renouvelable et sa gestion est assurée par l'A.D.E.M.E.

La vocation de ce G.I.S. est la coordination et le financement de la recherche nationale sur la valorisation non alimentaire des produits agricoles.

Il a donc trois priorités :

- réduire le coût de production des biocarburants,
- améliorer la compétitivité des filières de biocombustibles,
- faciliter le développement des matières premières renouvelables dans le secteur de la chimie.

AGRICE dispose des instances suivantes :

- un conseil de groupement composé des représentants des membres fondateurs et de personnalités qualifiées,
- un conseil scientifique composé de représentants nommés par chacun des membres et de personnalités scientifiques proposées par le directeur d'AGRICE et agréées par le conseil.

Les programmes sont préparés par la direction de l'agriculture et des bioénergies de l'A.D.E.M.E. et chacun des membres du groupement avec un recours éventuel à des appels d'offre. Ceux-ci sont soumis à l'évaluation du conseil scientifique du G.I.S. Après cet avis les programmes sont présentés au conseil du groupement pour décision de financement.

En 1995 l'appel d'offres lancé en direction de la communauté scientifique et industrielle a recueilli 76 propositions dont 28 ont été sélectionnées pour cofinancement. Au total ces 57 projets représentent un budget global de 115 millions de francs dont 68 ont été apportés par les partenaires d'AGRICE (35 millions de francs venant des partenaires publics et 33 des partenaires privés), 47 millions de francs étant fournis par des entreprises et des laboratoires extérieurs au groupement. Par rapport à l'exercice 1994 le nombre et le coup global des projets est en augmentation de 50%. Le financement des partenaires d'AGRICE a augmenté quant à lui de plus de 80%.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des projets retenus et des financements correspondants :

	Nombre de projets	Coût total en MF (HT)	FINANCEMENT AGRICE	
			Public	Privé
Ester	17	17,4	5,0	3,6
Ethanol	11	12,0	6,1	1,4
Biocombustibles	4	3,0	1,6	0
Sous-total « Energie »	32	32,4	12,7	5,0
Tensio-actifs	6	8,9	3,6	0,3
Lubrifiants	7	34,9	5,9	17,5
Divers Lipochimie	4	3,0	1,3	1,7
Biomatériaux	4	8,9	3,2	2,9
Sous-total « Chimie »	21	55,7	14,0	22,4
Socio-économie et environnement	4	6,8	2,4	0,1
TOTAL (HT)	57	94,9	29,1	27,5
TOTAL (TTC)	57	114,0	35,0	33,0

On remarque à la lecture de ce tableau l'importance des projets concernant l'ester et l'éthanol. Leur coût total représente en effet 91% des sommes allouées aux questions énergétiques. Les biocombustibles apparaissent comme les "parents pauvres" puisqu'il ne leur est consacré que 9% des sommes consacrées à l'énergie. Il serait sans doute souhaitable que cette proportion puisse être modifiée afin de déterminer si de telles productions peuvent vraiment avoir un avenir.

Les lubrifiants représentent 62% du total du poste "chimie" alors que les tensio-actifs et les biomatériaux n'en représentent que 16%. Les tensio-actifs sont cependant considérés comme étant un marché d'avenir et susceptibles de permettre de dégager de fortes plus-values. Il conviendrait donc que ce poste soit plus conséquent.

On peut noter qu'il existe un poste "Socio-économie et environnement". Celui-ci traite des conditions d'intégration des filières dans les systèmes socio-économiques qu'elles relèvent de l'économie, de l'environnement ou de l'aménagement du territoire. La situation internationale fait également l'objet d'un suivi, notamment au niveau des politiques agricoles et énergétiques, de l'analyse de la concurrence et des coopérations. Enfin une banque de données sur les sujets non retenus assure une action de veille technologique sur un certain nombre de sujets.

b - La recherche en Europe

Nous évoquerons l'action conduite au niveau de trois pays, Pays-Bas, Danemark et République fédérale d'Allemagne ainsi qu'à celui de l'Union européenne.

- Les Pays-Bas

Ce pays a forgé au début des années 1980 un néologisme pour désigner la production agricole à but non alimentaire, l'"agrification".

C'est le secteur des grandes cultures qui s'est intéressé le premier dans ce pays à ces productions dans la mesure où il était à la recherche de nouvelles productions et de nouveaux débouchés.

Les Pays-Bas ont beaucoup investi dans la recherche et la technologie pour créer des bases scientifiques dans ces domaines compte tenu du retard de connaissances par rapport au secteur des produits d'origine fossile.

Les principaux secteurs concernés sont : les huiles végétales issues du colza, les fibres, et notamment le chanvre et le lin, les protéines du blé du maïs, des pois et des haricots, les hydrates de carbones et un certain nombre d'autres matières actives.

Parmi ces dernières on peut évoquer le carvon, huile obtenue à partir du carvi. Celle-ci peut être utilisée comme produit de traitement des cultures. Elle

peut également servir à limiter le pouvoir germinatif des pommes de terre : le carvon pourrait remplacer les produits chimiques utilisés pour ce faire jusqu'ici.

Il faut noter qu'une des caractéristiques de ces actions de recherche est le souci très net de travailler sur des applications qui permettront de satisfaire à la fois les agriculteurs, les industriels et les défenseurs de l'environnement.

Les Pays-Bas ne semblent guère enthousiasmés par la production de biocarburants au point que l'institut de recherche ATO-DLO de Wageningen que j'ai visité ne fait pas d'études sur ce sujet compte tenu de leur trop faible valeur. Les actions de recherche sur les produits à haute valeur ajoutée sont nettement privilégiées. Ceci s'explique d'ailleurs par le fait que les Pays-Bas sont un pays de petites exploitations où la terre est très chère et le climat beaucoup moins favorable que celui de la France.

Enfin il faut signaler l'action dans ce domaine de l'importante union de coopératives CEBECO-HANDELSRAAD.

- Le Danemark

Le Danemark présente plusieurs points de ressemblances avec les Pays-Bas. On peut en effet noter un intérêt très faible pour les biocarburants à tel point que l'huile brute de colza produite est exportée telle quelle en Italie. De mêmes si les pouvoirs publics sont favorables à l'engagement de fonds publics dans des opérations de recherche-développement, ils se refusent à financer des installations de production très proche du marché. Enfin on note un intérêt semblable pour les recherches sur les productions à haute valeur ajoutée.

Ce pays accorde beaucoup d'attention aux énergies renouvelables et, surtout à l'utilisation de la biomasse comme combustible. Dans ce domaine l'intérêt se porte non seulement sur la paille mais aussi sur le bois, sous forme de copeaux ou de plaquettes, et sur toutes les plantes combustibles.

Le domaine des nouveaux polymères est activement exploré et notamment ceux à base d'amidon qui semblent les plus prometteurs. Nos interlocuteurs nous ont dit leur conviction qu'il y a également la possibilité de créer à partir de produits agricoles des fibres de qualité semblables à celles en carbone et en verre. Des recherches sur ces fibres, et notamment les fibres cellulosiques, sont menées dans les Universités.

L'Institut national de recherche végétale travaille, quant à lui, sur les pailles, les chaumes et aussi sur le *miscanthus* pour en faire des fibres et des poudres employées dans la fabrication de panneaux de particules. Les autres domaines d'activité de cet institut portent sur le lin, le chanvre et les plantes médicinales.

Il faut noter qu'une action de recherche est également menée sur un certain nombre de questions connexes comme les problèmes d'environnement et de pesticides induits par ces productions agricoles à but non alimentaire.

Enfin nous avons noté avec un très grand intérêt les travaux effectués dans le domaine des méthodes et notamment sur les technologies de fractionnement, avec le concept de *bioraffinerie* sur lequel nous reviendrons plus loin.

- La République fédérale d'Allemagne

Ce pays a créé une agence semblable à AGRICE en France. Les thèmes de recherche sont les suivants en R.F.A. :

• Biocarburants :

- Recherches sur les moteurs, les émissions de gaz, la normalisation de ces carburants et des mélanges,
- Expérimentations d'huiles végétales dans les moteurs agricoles et automobiles.

• Utilisation de l'énergie de la biomasse solide

- Combustion de la biomasse dans de grosses installations de chaleur,
- Développement de projets pilotes d'une puissance supérieure à un mégawatt,
- Brûlage d'huiles végétales comme combustibles dans des chaudières adaptées.

• Lubrifiants

- Développement d'additifs pour l'utilisation de l'huile de colza,
- Techniques de recyclage des lubrifiants d'origine agricole,
- Etude des impacts de ces huiles sur l'environnement.

• Polymères d'origine végétale

- Recherches en chimie des polymères d'origine végétale, et notamment polysaccharides, à partir d'amidon et de saccharose,
- Recherches sur les films contenant de l'amidon, étude de leur biodégradabilité et de leur écotoxicité.

• Fibres végétales

- Travaux sur les fibres d'origine végétale et notamment le lin.

On voit que les principaux axes de recherche allemands recoupent tout à fait les principales préoccupations de notre pays. Cette situation semble logique dans la mesure où la R.F.A. est confrontée à un problème d'occupation des superficies agricoles tout à fait analogue au nôtre. Par contre la situation est plutôt différente de pays comme le Danemark et les Pays-Bas où le problème se pose dans d'autres termes.

- L'Union européenne

Les différents programmes de recherche qui se sont succédés depuis 1988 ont fait une place à l'utilisation non alimentaire des produits agricoles. On examinera rapidement les différentes actions concernant ce domaine.

Le programme ECLAIR (1988-1993) visait à améliorer les liens entre l'agriculture et l'industrie par le soutien de projets de recherche communs. Ce programme a été le premier à aborder les recherches sur le non alimentaire. Sur un total de 42 projets, 20 relevaient de ce secteur. Ces projets concernaient les huiles, la lignocellulose, les hydrates de carbone, les protéines et la bioraffinerie.

Le programme AIR (1991-1994) faisait partie du troisième programme-cadre pour la recherche. Quatre secteurs étaient concernés avec les contributions des fonds européens suivantes :

- Biomasse pour l'énergie, 20 millions d'ECU,
- Chimie verte et polymères, 35 millions d'ECU,
- Forêts et produits forestiers, 35 millions d'ECU,
- Intrants pour cultures non alimentaires, 7 millions d'ECU.

Le programme FAIR a débuté en 1994 et doit durer jusqu'en 1998. Le budget qui lui est alloué est de 607 millions d'ECU, dont 100 ont déjà été dépensés ainsi qu'il me l'a été indiqué à Bruxelles.

Ce programme concerne trois niveaux d'activité : la coopération en recherche-développement, la coordination par des actions à coûts partagés, le développement de projets horizontaux.

Les principaux domaines de recherche sont la production intégrée et le développement des méthodes.

- La production intégrée

La recherche se concentrera sur l'utilisation des matières premières pour le développement de nouveaux produits et procédés dans le secteur non alimentaire. Elle s'attachera aux problèmes d'approvisionnement en matières premières et d'utilisation optimale des ressources nationales. Chaque étape de la production sera considérée en incluant le marchés potentiels, les technologies utilisées, dont les méthodes biologiques et biotechnologiques, pour fournir de nouvelles matières

premières. Les secteurs principalement concernés sont : la bioénergie, la chimie verte et la sylviculture.

- Le développement des méthodes

Le but est de promouvoir le transfert de technologies scientifiques à l'industrie afin de mieux évaluer les coûts et la faisabilité. Les projets s'appuient sur les résultats des programmes précédents et de la recherche biotechnologique. On peut noter parmi les méthodes examinées : les procédés physico-chimiques concernant les huiles, les fibres et les protéines, et les bioprocédés, essentiellement les fermentations.

Le but de ce programme est, selon M. Liam Breislin, de créer des chaînes de production intégrées à partir de l'agriculteur qui fait pousser les plantes jusqu'à l'industriel qui fabrique les produits finaux. Il y a donc la nécessité de disposer dans le processus de production de partenaires industriels.

Il est sans doute tout à fait nécessaire que des industriels s'engagent dans de tels processus de production mais on ne peut qu'attirer l'attention sur les dangers maintenant bien connus du pilotage par l'aval. En l'occurrence, les agriculteurs seront liés de façon très étroite à un processus industriel qu'ils ne pourront guère influencer.

Deux autres programmes européens comprennent des mesures concernant la biomasse : JOULE-THERMIE et ALTENER.

JOULE-THERMIE couvre la période 1994-1998 et est consacré à l'énergie. Il contient quelques projets relatifs à l'énergie de la biomasse.

ALTENER s'étend de 1993 à 1997. Il contient des actions particulières en faveur de la création et de la promotion des sources d'énergie renouvelables. Ce sont essentiellement des évaluations techniques, des mesures de soutien à la création d'infrastructures et des actions pour le développement industriel de la production énergétique à partir de la biomasse.

c - Le concept de *bioraffinerie*

Ainsi que l'a rappelé M. Paul Colonna, les produits agricoles sont traditionnellement l'objet de mono-utilisations. C'est évidemment le cas lorsqu'ils sont utilisés comme produits alimentaires. C'est ainsi que pour faire de la farine, on se contente de "casser" un grain de blé et de tamiser le résultat de cette opération. On retient l'élément recherché, la farine, le reste étant considéré comme un déchet.

Mais même en cas d'utilisation non alimentaire, une plante n'est considérée comme n'apportant qu'une matière première ou qu'un seul élément actif. Il n'est à cet égard que de considérer les productions de papier à partir du bois, d'amidon en provenance de blé ou de maïs, ou d'huile à partir de graines oléagineuses.

A cet égard il semble intéressant d'évoquer la démarche adoptée dans l'industrie du pétrole.

Le pétrole brut est constitué d'un grand nombre de constituants chimiques différents. Dès lors le souci du raffineur est que chacune de ces fractions chimiques soient utilisées de la façon la plus optimale possible et que rien ne soit gaspillé.

Il faut donc non seulement exploiter au maximum toutes les molécules mais encore conférer à l'appareil de raffinage une importante flexibilité à la fois du point de vue économique et technologique. C'est ainsi que, dans ce cas, les proportions entre les flux des différents produits peuvent être assez facilement modifiées en fonction de l'évolution de la demande mais aussi du niveau des prix relatifs. Une conséquence importante de cette organisation rationnelle est la possibilité d'obtenir des prix de revient unitaires peu élevés.

De manière similaire au pétrole, il faut considérer les produits agricoles comme des matières premières de base dont il faut séparer les constituants en fonction des utilisations souhaitées.

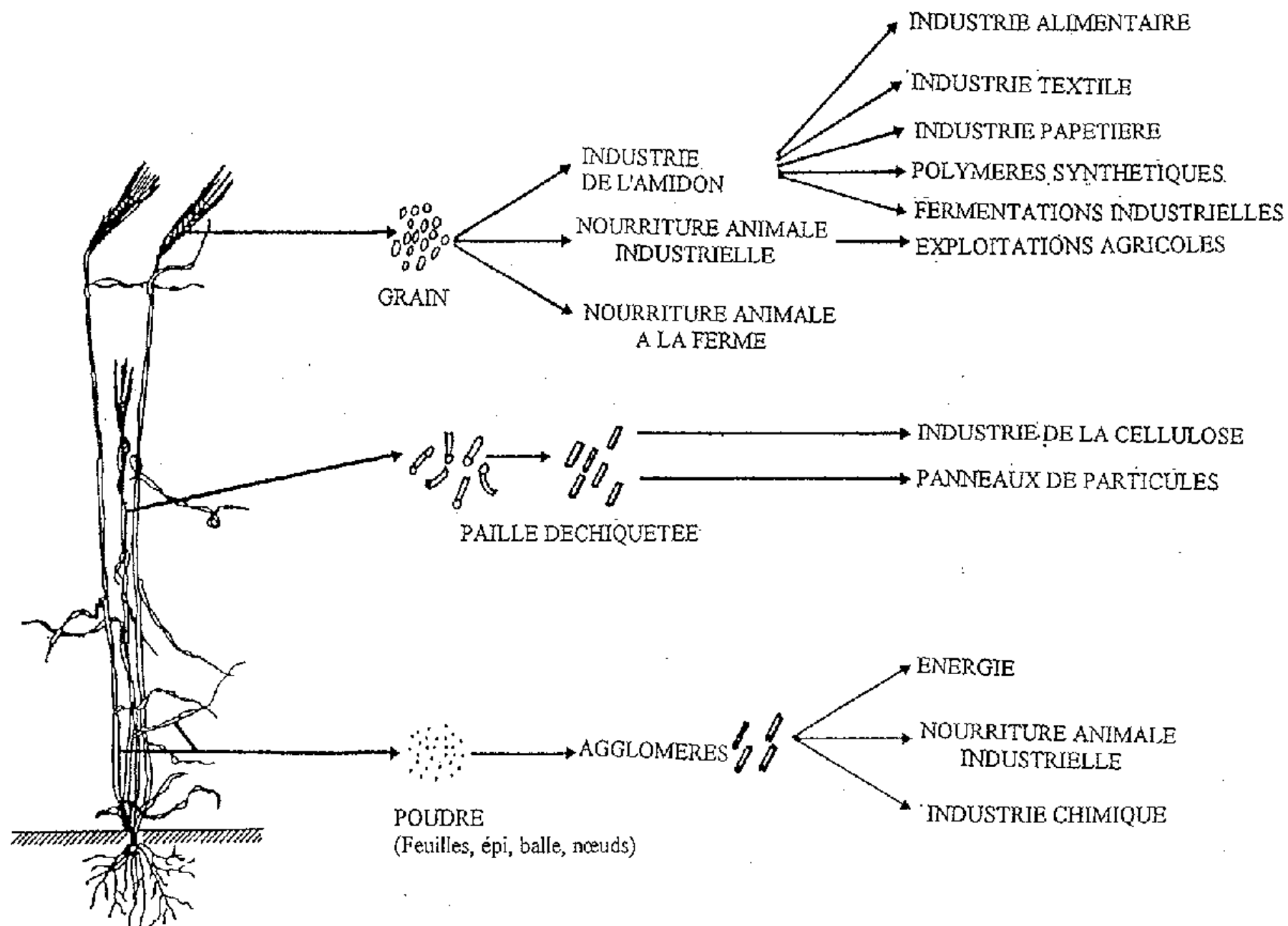
Comme l'indiquait M. Bernard Godon dans un article de la revue "Pour la Science" de juillet 1992, trois familles d'industries utilisent les produits agricoles bruts.

La première famille est constituée par les industries alimentaires. Là, l'intérêt des matières premières réside dans leur aptitude à fournir un aliment possédant un certain nombre de propriétés organoleptiques.

La deuxième famille concerne les industries d'extraction où un constituant est isolé et purifié pour être utilisé soit à l'état pur soit dans des mélanges. Cela a donné les utilisations non alimentaires que nous avons déjà vues comme le textile ou la papeterie.

La troisième famille constitue les industries de fractionnement. On utilise dans ce cas les techniques de craquage : on sépare tous les constituants d'un végétal. On obtient ainsi un ensemble de coproduits utilisables dans l'industrie.

Le schéma suivant donne un aperçu des possibilités offertes par le craquage d'une plante, d'après un croquis paru dans le rapport préparé en 1984 pour la Commission des Communautés européennes par MM. Finn Rexen et Lars Munck et intitulé : " Cereal crops for industrial use in Europe" :

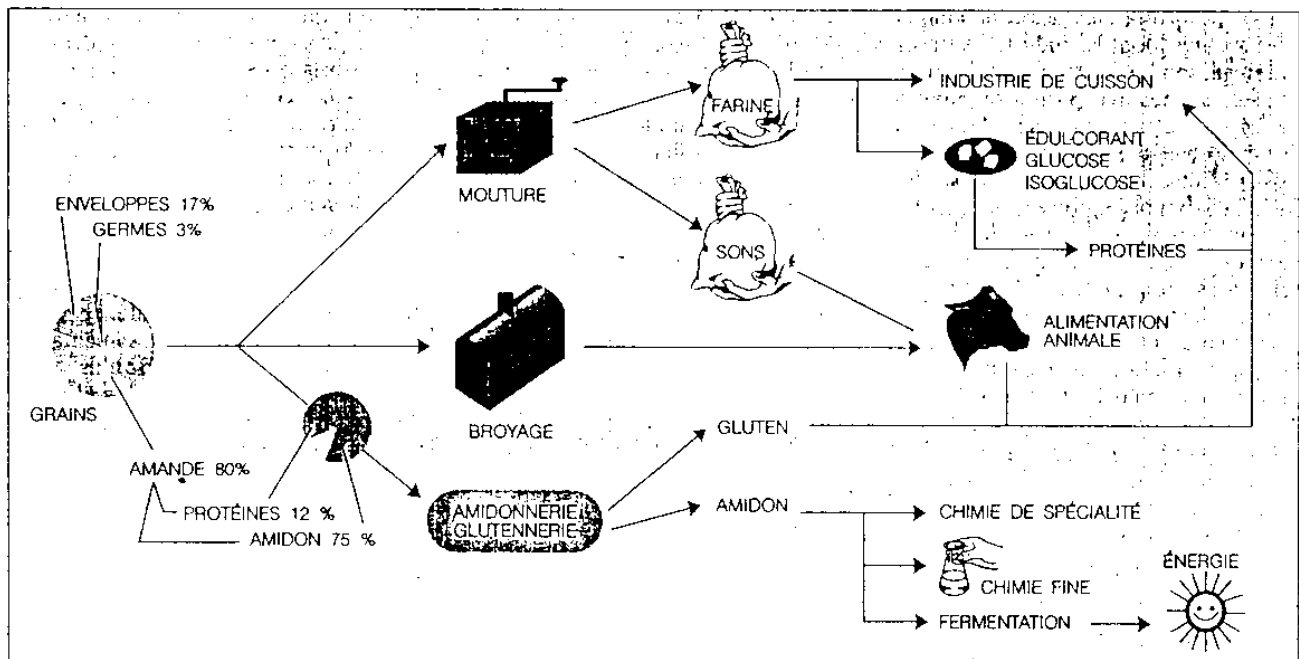


On voit ainsi le nombre très important de produits intermédiaires qu'il est possible d'extraire d'une plante, une céréale en l'occurrence.

Il s'agit donc de séparer les divers constituants et d'en exploiter ensuite les diverses propriétés. Comme le signalait M. Daniel Richard-Molard, un grain de céréale doit être considéré comme autre chose qu'un simple sac à farine. C'est en effet une somme d'objets chimiques que l'on peut façonner en fonction de la demande.

M. Bernard Godon notait dans son article déjà cité que le craquage n'est employé que pour 5 à 20% de la production agricole, le secteur le plus important étant celui des oléagineux et des corps gras. Il indiquait ensuite, par contre, qu'environ 8% des matières agricoles brutes issues de la production céréalière subissaient le craquage, ce chiffre étant ramené à 5% pour le blé. Cela est d'autant plus regrettable que les céréales semblent constituer le secteur le plus prometteur car les macromolécules des constituants des grains possèdent des propriétés fonctionnelles souvent intéressantes et complémentaires.

L'auteur montrait tout l'intérêt de cette industrie du craquage par le schéma suivant :



Ce schéma montre bien toutes les possibilités de valorisation à partir d'une seule et unique matière première. Comme pour une raffinerie de pétrole l'existence de multiples sorties montre la possibilité d'une telle filière de s'adapter aux variations du marché et de la demande.

Cette technique du craquage de la matière végétale nous semble d'autant plus devoir s'imposer que les industriels utilisateurs ne souhaiteront probablement pas acheter directement aux producteurs agricoles les matières agricoles dont ils pourraient avoir besoin. En effet les produits non transformés, non purifiés ne correspondent pas à leurs besoins. Ils ne sauraient que faire au surplus des coproduits.

Le fractionnement est donc le maillon intermédiaire parfaitement indispensable entre le producteur des matières premières agricoles et les industriels utilisateurs.

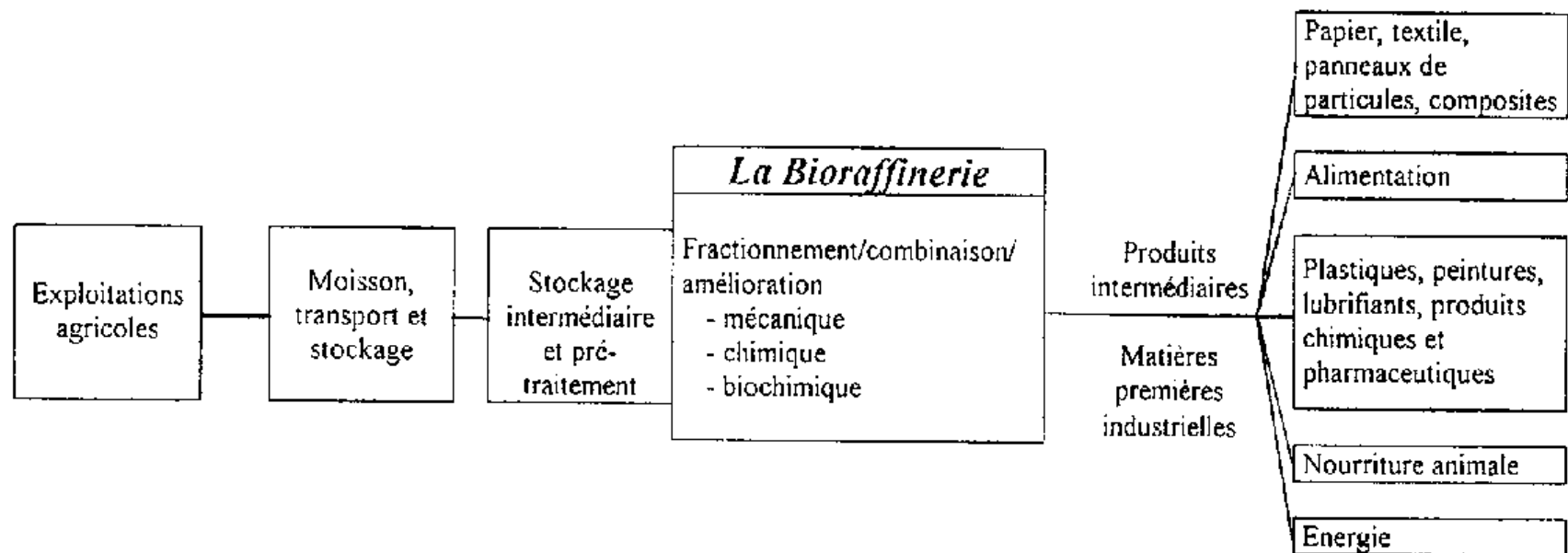
La *bioraffinerie* est alors être le lieu où s'élabore ces différents produits intermédiaires issus du craquage des végétaux.

La bioraffinerie est une unité de production installée près des lieux de récolte des plantes d'intérêt. Durant le processus de craquage, les récoltes sont l'objet d'un criblage permettant de séparer les différents composés chimiques. Les caractéristiques demandées par les clients sont satisfaites en faisant varier les traitements et les technologies appliqués.

La situation au sein d'une région de production présente l'avantage de réduire les coûts de transport de la biomasse, qui, nous l'avons vu peuvent être très importants. Cela permet d'utiliser localement les produits de faible valeur intrinsèque comme la nourriture pour animaux et comme combustibles. Seuls les produits de forte valeur peuvent ainsi faire l'objet de transport à l'extérieur de la région considérée.

En plus de sa possibilité de pouvoir répondre ainsi à toutes les demandes de produits, la bioraffinerie est aussi capable de fournir des produits de qualité uniforme selon les quantités souhaitées. C'est là évidemment un très grand avantage qui pourrait, à terme, faire disparaître une des raisons des industriels de ne pas recourir à des produits agricoles comme matières premières.

Le schéma de fonctionnement d'une telle bioraffinerie est donc le suivant, d'après un document de The Bioraf Denmark foundation : "The whole crop biorefinery project" :



Nous avons pu visiter la bioraffinerie installée dans l'île danoise de Bornholm. Ce projet a bénéficié de fonds européens dans le cadre du programme ECLAIR. Cette installation est extrêmement intéressante. On peut estimer qu'elle représente l'étape indispensable pour rendre tout à fait compétitives les productions agricoles à but non alimentaires.

Il faut noter que les installations d' A.R.D., à Reims, sont conçues de façon semblable.

A.R.D. a été créé en 1989 par le rapprochement du G.I.E. Sucre Recherches et développement et de Champagne-Céréales. Sont ainsi associées pour la valorisation de plantes de grandes cultures, les coopératives de la filière "blé" et celles de la filière "betteraves".

A.R.D. réunit maintenant l'ensemble des compétences nécessaires au fractionnement végétal, depuis la recherche en laboratoire jusqu'à l'optimisation au stade pilote puis à la mise en œuvre à l'échelle industrielle. Les activités sont très variées : valorisation de la pulpe de betterave pour la production de tensio-actifs; hydrolyse totale de la betterave pour la fabrication d'éthanol et de tensio-actifs; valorisation des sons de blé, des amidons et des protéines et concentrés lipoprotéiques de blé; fabrication d'oligosaccharides; développement de nouveaux produits tels que des tensio-actifs à partir de l'acide galacturonique présent dans la pulpe de betterave (monomère de la pectine). La situation d'A.R.D. au cœur des régions productrices de blé et de betteraves est l'illustration du concept même de bioraffinerie.

Il serait tout à fait souhaitable que l'exemple d'A.R.D. puisse faire école dans les principales régions agricoles de France. On pourrait, à terme, envisager ainsi la création d'un réseau de bioraffineries qui pourraient être installées au cœur des grandes régions de production françaises et européennes.

d - La problématique de la recherche et du développement dans ce domaine : quelles démarches adopter dans ce domaine ?

Il s'agit de déterminer ici quelle approche adopter et quel procédé de production privilégier.

- Quelle approche adopter ?

Deux approches de ce problème des valorisations non alimentaires des productions agricoles sont possibles.

La première consiste à considérer les produits tels qu'ils sont et à chercher, par un criblage systématique, les caractères pouvant faire l'objet d'une valorisation.

La seconde amène à chercher dans toutes les plantes un certain type de molécules valorisables que l'on se fixe au préalable. La molécule en question peut

être alors produite de façon spontanée par un végétal, qu'il faut trouver par des criblages systématiques. La deuxième possibilité est que la molécule en question soit produite par un végétal transformé, notamment par les méthodes du génie génétique. Ces deux voies n'apparaissent certainement pas les plus rapides, ni les moins onéreuses, pour arriver à des résultats tangibles.

Mon sentiment est donc que c'est la première démarche qui doit être adoptée dans un premier temps compte tenu des bonnes connaissances qui ont pu être accumulées, notamment sur les plantes de grandes cultures, et aussi de la rapidité avec laquelle des solutions doivent être trouvées au problème des débouchés agricoles.

A cet égard je partage l'opinion de M. Albert Eenink, directeur de l'institut de recherche néerlandais ATO-DLO qui nous déclarait qu'il fallait être conscient du fait que pour les agriculteurs, devoir attendre dix ans, ou plus, est beaucoup trop long compte tenu de leur situation. Il indiquait que c'est pour cette raison que l'essentiel de l'action de recherche de son institut se focalisait sur les plantes déjà connues.

Je pense que cette démarche pragmatique est la meilleure. Les plantes de grande culture sont également celles qui auront certainement le plus d'accès aux grands marchés compte tenu des importantes économies d'échelle de leur chaîne de production et de fractionnement.

- Quel procédé de fabrication privilégier ?

Le choix est ici à faire entre les techniques de fractionnement et celles des biotechnologies.

Le fractionnement est une voie dont nous avons vu toutes les riches possibilités et dont les méthodes peuvent s'inspirer avec beaucoup de profit de celles bien au point de la chimie de synthèse.

Les biotechnologies apparaissent à bien des égards très séduisantes. Leurs techniques commencent à être bien connues et présentent d'immenses possibilités. Mais les risques et les coûts sont potentiellement très élevés tant il est difficile de modifier les complexes de gènes et de prévoir si les plantes ainsi modifiées pourraient survivre. On peut raisonnablement penser qu'elles sont à terme d'au moins dix ans.

Compte tenu de ces contraintes il est raisonnable de recommander de privilégier le développement des techniques de fractionnement sans abandonner bien entendu le développement des biotechnologies.

D - Préparer le long terme

Il est indéniable que l'idée de recourir aux utilisations non alimentaires des produits agricoles est très intimement liée à la crise des débouchés alimentaires et à une certaine surproduction. Elle est également liée à la politique de gel des terres de la nouvelle politique agricole commune. La tentation est alors d'estimer que sa fonction sera simplement d'aider à passer un cap particulièrement difficile pour l'agriculture.

Ce type d'utilisations pourrait donc, dans cette dernière optique, tout naturellement cesser dès que la reprise de la demande alimentaire se redressera. C'est d'ailleurs déjà le cas actuellement pour le blé par exemple.

En effet on constate maintenant depuis deux ans une pénurie relative sur le marché mondial, et des prix orientés à la hausse à la Bourse de Chicago. Les stocks sont également très bas dans la mesure où ils représentent aux environs de 20% d'une consommation maintenant en progression régulière. Ceci est notamment le cas dans les pays en voie de développement, et spécialement en Chine.

Je pense qu'estimer transitoires ces productions ne me paraît pas raisonnable.

En effet les retournements de conjoncture sont en agriculture des événements très courants compte tenu des caractéristiques de cette activité. Personne ne peut garantir que les difficultés que nous avons connues avant cette dernière embellie ne reviendront jamais.

Je pense que la diversification des débouchés des produits agricoles doit être poursuivie de façon continue et réfléchie d'abord et avant tout dans l'intérêt des agriculteurs. La poursuite et le développement de ces productions sont en effet à même de faciliter l'aménagement du territoire et de garantir à long terme l'activité des agriculteurs.

En effet il ne faut pas se résigner à voir la France devenir un immense désert ponctué de résidences secondaires ou de friches où les fruits du travail de dizaines de générations d'agriculteurs disparaîtront sous les mauvaises herbes. Il n'est certainement pas du tout souhaitable que la très nécessaire production de denrées alimentaires soit concentrée dans d'immenses exploitations intensives très mécanisées. Il n'est pas bon que cette production se fasse avec le recours à des doses massives d'intrants, dont certains sont importés, (énergie, fertilisants, aliments pour animaux, etc.). Il faut que les exploitations agricoles, témoins de la présence et du travail humains, continuent à exister sur l'ensemble du territoire car l'agriculture est la seule façon de pouvoir occuper le territoire de façon continue.

Les agriculteurs refusent avec raison d'être rémunérés par la collectivité pour une absence de travail comme certains peuvent le préconiser. Ils ne veulent pas non plus se contenter d'être de simples jardiniers de la nature, comme on le propose quelquefois.

La diversification des débouchés agricoles, dont font partie les productions à but non alimentaire est la seule solution d'avenir. Il faut donc considérer ces productions comme tout aussi nobles que celles destinées à l'alimentation humaine.

Mais la nécessité de ces productions va bien au delà des stricts intérêts des agriculteurs.

Elle permettra aussi de se préparer à une situation énergétique qui peut devenir très difficile dans l'avenir.

Certes l'actualité immédiate ne le fait pas redouter. Les prix du pétrole sont bas. Dans ces conditions il peut paraître sans objet d'économiser cette matière première. Mais qu'en sera-t-il à terme alors que les "pays nouvellement industrialisés", notamment ceux d'Asie de l'est, commencent à représenter une part croissante des consommations de l'or noir ?

Il suffit de considérer les besoins d'un pays comme la Chine dont la consommation de produits pétroliers devrait croître de manière très importante d'ici 2010. Ainsi ce pays devrait, cette année-là, consommer l'équivalent de 1 130 millions de tonnes de pétrole contre 541 en millions en 1992. Cette augmentation sera dû notamment au spectaculaire développement de son parc automobile qui devrait passer de 6,6 millions à 77 millions d'unités.

Les hommes vont ainsi consommer en quelques siècles les produits fossiles qui ont mis des millions d'années à se former. Ces énergies sont, dans les conditions actuelles, peu chères et en tout cas, très nettement moins coûteuses à produire que les matières premières renouvelables, issues de l'agriculture. Mais n'est-ce pas une trompeuse apparence et ne nous préparons-nous pas des lendemains difficiles ?

J'estime qu'il conviendrait de profiter de ces bas coûts relatifs pour, d'ores-et-déjà, penser à préparer la relève à terme des produits fossiles par les matières premières renouvelables que nous fournira l'agriculture.

Il est donc nécessaire de commencer maintenant à travailler à améliorer leur compétitivité. Il faut profiter de la situation actuelle qui nous donne des délais pour effectuer les indispensables recherches et amorcer les progrès dont ce secteur a un grand besoin pour augmenter sa compétitivité. Il sera ainsi possible d'accompagner l'inévitable augmentation des prix des énergies fossiles, conséquence de leur raréfaction croissante.

Les prix des matières fossiles devraient aussi augmenter du fait de la contrainte environnementale.

Celle-ci deviendra de plus en plus sévère compte tenu des conséquences sur la santé humaine des diverses pollutions engendrées par leur combustion ou leur

emploi en chimie de synthèse. Il y aura aussi la nécessité de réduire les émissions des gaz à effet de serre.

La protection des eaux et des sols exigera, elle, la production croissante, à partir de matières premières renouvelables, de nouveaux produits réellement biodégradables c'est-à-dire dont leurs constituants se fondront *in fine* dans le grand cycle naturel du carbone.

Toutes ces mesures de protection de l'environnement au sens large permettront d'augmenter à terme la compétitivité des produits élaborés à partir de matières premières agricoles. Il ne convient cependant pas de précipiter ce mouvement, ce qui ne pourrait avoir que des conséquences négatives. Il me semble que ces mesures plus contraignantes devraient être introduites de façon progressive. Cela permettrait ainsi au système productif de s'adapter sans trop de heurts et, notamment, aux matières premières agricoles de prendre, à terme et très progressivement, le relais d'un certain nombre de matières premières fossiles.

Cependant il faudra aussi veiller ne pas compromettre l'avenir et éviter les risques d'irréversibilité. L'organisation à venir de l'agriculture devra pouvoir faire preuve de flexibilité du fait notamment des incertitudes alimentaires mondiales. Pour cela l'agriculture se devra certainement d'être multifonctionnelle. Elle devra bien entendu continuer à produire de façon massive des biens alimentaires. Elle devra aussi être capable, dans le même temps, de produire des matières premières à utilisations finales non alimentaires.

Malgré un redressement récent du marché d'un certain nombre de productions, comme les céréales, les marchés de produits alimentaires restent menacés de souffrir de surproduction chronique, compte tenu des progrès constants de la productivité.

De façon évidente, la production de biens alimentaires restera une des fonctions essentielles de l'agriculture, surtout si l'on tient compte de la situation de famine endémique dans certaines régions du Tiers-Monde. Il est nécessaire cependant de trouver d'autres débouchés dans la mesure où il est tout à fait souhaitable que des activités agricoles réellement productives et rémunératrices continuent à occuper l'essentiel du territoire national.

Autrefois l'agriculture était, comme on l'a vu, le fournisseur habituel de l'industrie. L'utilisation massive de la houille, puis, surtout, du pétrole a complètement interrompu ces débouchés. Pendant des dizaines d'années, l'agriculture et l'industrie se sont ainsi développées de façon indépendante l'une de l'autre. De plus, pour beaucoup d'agriculteurs, l'idée d'une "industrialisation" de leur métier semblait devoir sonner le glas de l'exploitation familiale traditionnelle. On peut cependant penser, qu'à l'heure actuelle, seule la perspective d'une utilisation non alimentaire des produits agricoles peut permettre d'accroître le revenu agricole et donc de pérenniser des emplois dans les campagnes.

Contrairement à ce qu'il est parfois affirmé, de telles productions ne constitueraient en rien un retour en arrière. Il s'agirait en fait de tirer un meilleur parti des immenses ressources de la matière vivante que l'évolution technique a fait quelque peu négliger depuis quelques dizaines d'années. Il importe de souligner que cette nécessité intervient heureusement dans le contexte général très favorable au "renouvelable" dans l'opinion du monde occidental.

Des productions agricoles ont déjà réussi à s'installer durablement en tant que fournisseurs de l'industrie, comme le montre le développement remarquable de la filière "amidon".

Les biocarburants posent un redoutable problème. Ils ont, depuis quelques années, amélioré leur compétitivité, mais leur rentabilité est encore entièrement suspendue à une détaxation. Ils illustrent la double échelle des valeurs et des tonnages : ce sont des produits de valeur assez faible, et relativement peu compétitifs, mais nécessitant l'occupation de grandes surfaces. Dans ce cas, la question principale est de savoir quel terme de l'équation favoriser.

Dans l'avenir, je pense qu'il faudra de plus en plus, en adoptant une démarche progressive, privilégier la compétitivité intrinsèque des productions agricoles à but non alimentaire. Cela me paraît indispensable si l'on veut préparer l'avenir sur des bases plus solides c'est-à-dire sans le secours de détaxations qui pourraient éventuellement un jour faire défaut ou sans l'aide que peut encore apporter le régime de gel des terres.

Cette compétitivité sera d'abord la conséquence du renforcement inéluctable des contraintes environnementales qui devront prendre de plus en plus en compte les nécessités de la sauvegarde de la santé humaine. Elle sera également favorisée par les mesures de sauvegarde des matières premières non renouvelables qui devront certainement être prises à terme et par l'inévitable hausse des prix du pétrole et du gaz naturel.

Mais cette compétitivité sera également la conséquence de l'adoption de processus de production performants.

Les biotechnologies apporteront certainement une contribution très importante au développement de la valorisation non alimentaire des productions agricoles. Nous en avons vu quelques exemples et notamment la production de matières plastiques biodégradables par les plantes. Mais il est probable qu'elles n'auront pas grand impact à court terme. Il faudra sans doute attendre encore une dizaine d'années pour que leur contribution soit sensible. Bien entendu il est tout à fait primordial que ces technologies fassent l'objet de recherches approfondies car l'avenir se prépare dès maintenant.

Ma conviction est que les techniques de fractionnement des productions végétales permettront dans un futur très proche de développer, de façon décisive, ces valorisations non alimentaires : c'est donc sur elles qu'il faut faire porter l'effort principal à l'heure actuelle.

Dans ce cas il s'agit moins de répondre de façon directe à une demande du consommateur final que de valoriser, dans l'ensemble du spectre industriel, une ou plusieurs propriétés technologiques de tel ou tel composant d'une production agricole.

Cette valorisation pourra certainement se faire au travers de la *bioraffinerie* dont le concept est de première importance et me semble ouvrir de larges perspectives. Il convient donc que la recherche soit très active sur son développement. Il pourra y avoir ainsi une certaine remise en cause de la frontière traditionnelle entre productions à usage alimentaire et industriel comme le montre très éloquemment le schéma de fonctionnement de la bioraffinerie.

Le développement des techniques de fractionnement des produits agricoles doit donc se concevoir *in fine* au sein d'une démarche globale. Celle-ci doit intégrer à la fois la valorisation complète des co-produits, l'impact du système de

production et de transformation sur l'environnement ainsi que les conséquences sociales de cette véritable mutation de l'agriculture.

RECOMMANDATIONS

1 - Maintien de l'exercice d'une grande vigilance quant aux nécessaires mesures de détaxation bénéficiant aux biocarburants et recherche de l'amélioration de leur compétitivité

2 - Création, au niveau européen, d'un mécanisme d'avance remboursable pour les investissements réalisés en matière de valorisation non alimentaire des produits agricoles

3 - Création, au niveau européen, d'un Groupement d'intérêt scientifique sur les matières plastiques produites par des végétaux

4 - Elaboration d'une norme européenne, puis mondiale, de la biodégradabilité

5 - Développement, au niveau européen, du concept de bioraffinerie, notamment à partir des entités fonctionnant déjà selon ce principe

6 - Développement, au niveau français, d'un plan d'implantation de ce type d'entité au sein des grandes régions agricoles

7 - Création de structures de partenariat, à vocation de recherche, entre ces unités de fractionnement, les universités et les centres de recherche présents au niveau décentralisé

8 - Réalisation, si possible au niveau européen, d'un programme de criblage systématique (*screening*) des végétaux actuels ou plus anciens en vue de d'effectuer la recherche la plus fine possible des molécules d'intérêt marchand

9 - Nécessité de l'augmentation des recherches effectuées dans le cadre d'AGRICE en faveur des biocombustibles

10 - Nécessité de l'augmentation des recherches effectuées dans le cadre d'AGRICE en faveur des programmes de productions agricoles pour la chimie et, notamment, concernant les tensioactifs et la lipochimie

11 - Encourager la réalisation de grandes installations collectives de chauffage au bois.

EXAMEN DU RAPPORT PAR L'OFFICE

L'Office s'est réuni le mercredi 19 février 1997 pour examiner le rapport de M. Robert Galley.

Après que M. Robert Galley eut présenté les principales conclusions de son rapport, plusieurs membres de l'Office sont intervenus.

M. Claude Birraux a considéré tout d'abord que les biocarburants, et notamment l'ester méthylique de colza, répondaient d'ores-et-déjà aux normes antipollution américaines. Après avoir déploré le manque d'initiative des industriels, il a souligné la nécessité du volontarisme dans ce domaine. Il a salué la réussite du G.I.S. AGRICE qui est parvenu à réunir en une seule entité tous les partenaires concernés. Il a conclu en estimant que ce problème était avant tout politique et non plus une question d'environnement.

M. Henri Revol, s'interrogeant sur la qualification "verte" de ces carburants, s'est inquiété des consommations intermédiaires, pouvant engendrer de fortes pollutions, requises pour la production de ces biocarburants.

M. Christian Daniel a demandé si ces cultures à but non alimentaire faisaient l'objet de méthodes culturales non agressives pour l'environnement.

M. Charles Fèvre s'est interrogé sur la faisabilité des bioraffineries en évoquant les transports de produits agricoles qui seraient nécessaires dans les régions à faible densité agricole.

M. Serge Poignant a demandé si ces productions à but non alimentaire pourraient véritablement se développer en Europe compte tenu des différences entre les pays.

Après les réponses du rapporteur aux différents intervenants, l'Office a approuvé à l'unanimité ses conclusions.

PERSONNALITES AUDITIONNEES

M. Régis de Baynast

Directeur général d'Agro-Industrie, Recherche et Développement (A.R.D.)

M. Peter Baumann

Directeur général du service "Productions agricoles" du ministère de l'agriculture (Danemark)

M. Bouwmeister

Direction des affaires internationales du ministère de l'agriculture (Pays-Bas)

M. Liam Breislin

Administrateur à la Direction générale XII de la Commission européenne

M. Capelle

Directeur de la recherche et du développement de CEBECO-HANDELSRAAD

M. Paul Colonna

Directeur de recherches à l'I.N.R.A.

M. De Vries

secrétaire du Comité "Utilisation non alimentaire des produits agricoles" du Landbouwschap (Pays-Bas)

M. Albert Eenink

Directeur de l'institut ATO-DLO

M. Niels Hedding

Centre de recherche de la forêt et des paysages (Danemark)

M. Ciarán Mangan

Administrateur à la Direction générale XII de la Commission européenne

M. Arent B. Josefsen

Institut national de la recherche végétale (Danemark)

M. Birger Kerckow

Expert auprès de la Direction générale XII de la Commission européenne

M. Christian Kjøller
Directeur de BIORAF Danmark Fonden

M. Ole Linnet Juul
Conseil de l'agriculture (Danemark)

M. Yves Madre
Chef du bureau "Filière sucre, céréales, oléoprotagineux et valorisations non alimentaires" du ministère de l'agriculture

M. Ole Olsen
Directeur du service de la recherche du ministère de l'agriculture (Danemark)

M. Bruno Sander Nielsen
Conseil de l'agriculture (Danemark)

M. Knud Nielsen
Doyen de l'Université royale d'agronomie (Danemark)

M. Daniel Richard-Molard
Directeur de recherches à l'I.N.R.A., chef du département de transformation des produits végétaux

M. Riphagen
Direction des affaires internationales du ministère de l'agriculture (Pays-Bas)

M. Finn Rexen
Conseiller du Centre de coopération non alimentaire (Danemark)

M. Thierry Stadler
Directeur du département Conseil technologique-Etudes technico-économiques et Prospective du Centre de valorisation des glucides et produits naturels (C.V.G.)

M. Herman Versteijlen
Administrateur à la Direction générale VI de la Commission européenne

M. John Barrie Williams
Administrateur à la Direction générale VI de la Commission européenne

TEXTE DE LA SAISINE

ASSEMBLÉE NATIONALE

Commission de la Production
et des Echanges

Le Président

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

LIBERTÉ · ÉGALITÉ · FRATERNITÉ

Paris, le 16 décembre 1992

Monsieur le Président,

Dans sa réunion de ce matin, la Commission de la Production et des Echanges a décidé de saisir l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sur les problèmes technologiques et économiques concernant l'usage des biocarburants.

Je vous prie de croire, Monsieur le Président, à l'assurance de ma considération distinguée.



Jean-Marie BOCKEL
Ancien Ministre
Député du Haut-Rhin
Maire de Mulhouse

Monsieur Jacques MOSSION

Président de l'Office parlementaire d'évaluation
des choix scientifiques et technologiques