Produits renouvelables, vers un nouvel âge d'or du végétal ?

Compte rendu du colloque de l'Ademe, Paris, 15 janvier 2002

Ce compte rendu représente les opinions dominantes qui ont été émises par les intervenants (voir p. 43).

Si l'ère industrielle a environ 250 ans, notre société, qui connaît depuis 50 ans une véritable révolution (transports, communications, etc.), est passée à une société de consommation qui a tendance à se mondialiser. Or, cette société de consommation dépend en grande partie des ressources fossiles, non renouvelables (pétrole, gaz). Au rythme de production actuel, nous sommes dans une perspective d'épuisement des ressources pétrolières. Il y a donc un vrai défi à relever, défi économique, mais aussi défi écologique car le gaz carbonique qui résulte de l'utilisation des ressources fossiles est la principale cause de l'augmentation de l'effet de serre et donc du réchauffement climatique.

Après la période du « tout jetable », du « tout recyclable », nous entrons maintenant dans « l'ère du renouvelable ». Dans les années 90, on assiste à une prise de conscience et à une concentration des moyens et des partenariats tournés vers une recherche visant une « alternative végétale ». En effet, si les deux-tiers de la population mondiale dépendent toujours de la biomasse pour vivre, et que les industries du bois, du papier et du textile font massivement appel à ces ressources, le végétal a une nouvelle carrière qui s'ouvre devant lui, car il permet d'obtenir des produits de structures complexes et variées. Atouts majeurs : il est renouvelable, et les produits « verts » qui en sont issus sont à court terme biodégradables.

Mais si les structures des végétaux sont bien connues des chimistes, leur développement industriel est une autre affaire, et de nombreuses recherches ainsi qu'une véritable volonté économique et politique sont nécessaires. C'est le sens de la démarche de l'Ademe (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) qui a organisé ce colloque, des pouvoirs publics et de leurs partenaires comme Agrice (AGRIculture pour la Chimie et l'Énergie), favorables au développement d'une culture multifonctionnelle, pour aller vers une société de développement durable où l'Homme et l'environnement vivraient en totale harmonie.

Fleurs de colza et de tournesol
© Ademe.

L'état des lieux et les enjeux stratégiques

Si le bois est depuis bien longtemps un fournisseur d'énergie et le végétal celui de matières premières utilisées en chimie et en pharmacologie, quel sera vraiment leur nouveau rôle dans l'avenir ? Les recherches actuelles soulèvent deux types de problèmes majeurs : technologiques et économiques. En ce qui concerne la technologie, des solutions ont été trouvées, d'autres sont toujours à l'étude, mais la question essentielle reste l'étude des prix de revient. Car l'enjeu est de faire aussi bien, mais moins cher que les produits actuels avec un coût industriel tenant compte des coûts induits (production, extraction, purification, environnement, pollution, santé, social...). Le « renouvelable » par le végétal doit sortir de sa « confidentialité » actuelle et s'ouvrir sur une approche quantitative par l'intermédiaire des biotechnologies. Si la filière bois-papier-textile est très active, la recherche pour les autres applications industrielles du végétal reste encore une recherche d'alternative qui n'a obtenu des succès que dans des domaines de niches (1 % actuellement).

L'enjeu est pourtant de taille. Notre consommation d'énergie a été multipliée par 15 en un siècle. 1900 était encore l'année du charbon de bois, puis sont arrivés le pétrole, le gaz, l'énergie hydro et le nucléaire. Le pétrole représente 35 % de l'énergie utilisée dont la moitié pour les transports. Quatre milliards de tonnes de pétrole ont été consommés à ce jour dans le monde, et vers 2020, le pétrole seul ne pourra pas accompagner la croissance économique, car il faut envisager en plus la croissance de pays comme l'Inde et la Chine pour les transports. La biomasse représente 7 à 10 % de l'industrie primaire. L'année 2050 sera une année déterminante pour le devenir du végétal. L'agriculture devra à la fois servir les besoins alimentaires et non alimentaires. Quelle sera l'évolution des rations alimentaires (en Asie par ex.), l'organisation mondiale des marchés, la disponibilité des

Encadré 1 - **Bitume et tournesol**

Les fluxants traditionnels (issus du pétrole ou du charbon), nécessaires pour fluidifier le bitume, entraînent une nocivité pour l'environnement, la formation d'un épais brouillard et ont un « point éclair » de seulement 110 °C, donc un risque d'explosion qui contraint à des précautions sur le chantier. Le mono-ester tiré du tournesol, facile à produire, s'utilise exactement comme les produits traditionnels. Son point éclair est de 180 °C, température jamais atteinte sur un chantier, d'où une meilleure sécurité. Quant au brouillard, il disparaît... Pour arriver à ce résultat, il a fallu cependant opérer une sélection sur les plants de tournesol pour parvenir à faire fabriquer par la plante une molécule un peu mieux adaptée.

Quelle est l'équation simple pour se souvenir de la quantité de fluidifiant végétal à ajouter au bitume ? : un hectare de tournesol pour un hectare de route. Pour une route à deux voies d'environ 5 m de large, un hectare de tournesol permet de réaliser 2 km de bande bitumée. Légèrement plus cher qu'un liant d'origine pétrolière, ce fluxant commence cependant à trouver des marchés là où l'aspect environnement est suffisamment pris en compte.

ressources (surfaces, nature des sols, eaux) ? Le renouvelable impose de lourdes conditions à travers des critères économiques et environnementaux dont il faut tenir compte. Si la contribution aux ressources énergétiques est un des éléments positifs pour son devenir, il reste néanmoins des éléments négatifs comme la pollution de l'air et des sols dans un environnement local. D'autre part, si les rendements agricoles ont évolué de façon remarquable, il n'en sera pas de même pour la photosynthèse qui ne pourra jamais être augmentée... La transition pour passer de l'agriculture d'aujourd'hui à celle de demain demande de fortes réflexions, réflexions où il faudra également tenir compte du génie génétique qui sera un élément déterminant pour le non alimentaire.

Quant à nos hommes politiques, quel regard portent-ils sur cette évolution ? Abordé il y a 15-20 ans, le sujet n'a pas eu au départ une réponse très favorable de la part de la politique agricole commune. Mais les choses ont changé avec une vraie prise de conscience des problèmes actuels et futurs. On voit apparaître maintenant une percée fulgurante du concept de développement durable car l'inquiétude pour l'environnement va en grandissant (effet de serre, accord de Kyoto). Le prix aléatoire des produits fossiles, la baisse de prix des produits agricoles, le doublement des surfaces cultivables, rendent la recherche de débouchés plus pressante. A l'avenir, la compétitivité du végétal ira en s'améliorant. Il reste cependant le problème de l'acceptation des OGM qui font encore hurler. Nos hommes politiques sont confrontés à ce type de problèmes, confrontés à la crainte et à l'ignorance (crise de la dioxine, problème de la vache folle). Y a t-il disproportion entre le risque et les dommages ? Quel est le rôle de l'éducation ? Aujourd'hui, les politiques doivent recevoir une information rigoureuse et objective.

Et les consommateurs, qui se préoccupent aujourd'hui de plus en plus du prix de l'énergie et de l'environnement, sont-ils prêts à accepter des solutions alternatives ? Et surtout à quels coûts ? Cette recherche alternative et incontournable doit éviter les excès d'hier. Si l'on parle d'agriculture de masse aujourd'hui, il doit s'agir d'une agriculture de masse destinée à l'énergie et à l'industrie en général. Donc, il faut trouver une autre forme d'agriculture, sans pollution des sols et de l'eau, d'où le terme d'agriculture raisonnée. Le consommateur, en jouant le jeu pour le recyclable, devient ainsi un véritable partenaire économique. Par contre, il a tendance à refuser les OGM. Or, c'est aussi le rôle des pouvoirs politiques et de leurs partenaires d'éduquer les consommateurs pour l'adoption d'une conduite future. Il faudra trouver un juste équilibre, avoir une logique de production avec une approche extrêmement raisonnée, car les biotechnologies ne résoudront probablement pas tout. Les jeunes ont déjà une attirance « très verte » et sont extrêmement sensibilisés à ces problèmes. On voit maintenant dans les écoles d'ingénieurs où la formation était autrefois plus portée vers la maîtrise des produits et des techniques, se mettre en place au niveau de l'enseignement la maîtrise des systèmes humains et de l'environnement.

Encadré 2 - **Les plastiques biodégradables**

Produire des plastiques à base de matière première renouvelable n'est pas une mince affaire. Plusieurs procédés ont été étudiés aux États-Unis, au Japon et en Europe. Certains consistent à faire fermenter de la matière végétale par des micro-organismes qui produisent des matières plastiques. D'autres les font fabriquer à partir du maïs. Mais ces procédés sont coûteux et gourmands en énergie. Dans le second cas, il faut faire appel à des céréales sélectionnées. Toutes ces méthodes ont un inconvénient : un prix de revient plus élevé que celui des plastiques tirés du pétrole. La biodégradabilité en fait de bons candidats pour les sacs poubelles par exemple quand contenant et contenu se comportent de la même manière. Des débouchés importants existent aussi en agriculture, grosse consommatrice de plastique. En France, entre 80 000 et 100 000 tonnes de polyéthylène sont utilisées chaque année pour différents usages : paillage de cultures, clips plastiques pour fixer des plantations à leurs tuteurs, etc. Le marché du plastique biodégradable représente aujourd'hui 30 000 t/an dans le monde, les 3/4 étant des produits dérivés de l'amidon.

Encadré 3 -
Colza, tournesol et diester

En 1892, Rudolf Diesel faisait tourner ses moteurs à l'huile d'arachide. Mais la suite a démontré que le gazole donnait de bien meilleurs résultats. Près d'un siècle plus tard, la solution a été trouvée pour réintroduire de l'huile végétale : il faut la traiter à l'alcool pour en retirer le glycérol. Le procédé industriel utilise du méthanol, d'où le nom d'ester méthylique d'huile végétale ou EMHV.

En France, plusieurs produits sont fabriqués sous diverses appellations commerciales dont le solvester, un biolubrifiant, et le « diester », contraction de diesel et ester. La plupart des sites de production utilisent du colza, mais le « diester » est également fabriqué avec du tournesol.

Sur le plan environnemental, après 10 ans d'utilisation et 200 millions de kilomètres parcourus par 4 000 véhicules, l'écobilan est largement favorable : réduction des émissions atmosphériques (fumées, particules, CO, composés aromatiques, hydrocarbures imbrûlés, etc.), absence de soufre, biodégradabilité quasi complète, réduction de la contribution à l'effet de serre. L'utilisation d'une tonne de « diester » réduit de 2,2 t l'émission de CO_2.

Les réalités du renouvelable végétal aujourd'hui : marchés, produits, consommation

Une chimie verte, c'est-à-dire une chimie sans pétrole qui utilise des matières premières végétales renouvelables, se met en place. Colza, ricin, tournesol, maïs, betterave, blé, pomme de terre sont maintenant détournés de leur premier rôle de plantes fourragères et alimentaires. Tensio-actifs destinés aux cosmétiques et aux détergents, glycérol, « diester », sont fabriqués par exemple à partir du colza ou du tournesol. Le « diester », qui est en fait l'ester de méthyle des acides gras de l'huile, est employé comme substitut partiel du gazole et peut être utilisé comme fluxant dans le bitume (*encadré 1*). L'éthanol, utilisé pour les biocarburants, provient de la betterave ou du blé. L'amidon, extrait du maïs, sert à la fabrication de papier, mais aussi à celle de plastiques biodégradables (*encadré 2*).

L'industrie cosmétique s'intéresse aujourd'hui de près aux produits d'origine végétale car on y trouve une infinité de molécules aux propriétés extrêmement variées, comme par

exemple d'excellents tensio-actifs (utilisés pour solidifier des crèmes grasses comportant des produits actifs solubles dans l'eau).
La société Cognis, spécialisée en lipochimie (cosmétiques, tensio-actifs...) consomme 400 000 t/an d'huile et de graisse. Son objectif : se servir de la nature en valorisant l'utilisation de la totalité d'un produit végétal. Le colza en est une bonne illustration : protéines, huile, composants mineurs (vitamines...).
La société italienne Novamont s'est spécialisée dans la production de plastiques biodégradables à base d'amidon de maïs, vendus sous la marque Mater-Bi (www.materbi.com). La société en écoule 10 000 t/an en Europe et aux États-Unis et 10 000 tonnes sont vendues chaque année sous licence. Films biodégradables, mousse pour emballage industriel, sacs poubelle, emballage alimentaire sous forme de filets (*figure 1*), sacs et barquettes, accessoires pour fast-food, articles d'hygiène (couches culottes), produits pour l'agriculture (paillage Mater-Agro) sont bien une réalité industrielle. Par l'introduction de matériau à base d'amidon, Novamont a développé en collaboration avec Goodyear, des pneus aux performances de frottement améliorées (pneu Biotred GT3).
DuPont a développé de son côté de nouveaux polymères dont un des composants est à base de glucose. L'enjeu est en fait d'avoir un produit capable de concurrencer les produits existants avec la même exigence de qualité et un coût acceptable.
Mais si les applications sont connues, il faut être également certain de la rentabilité du marché. L'IFP travaille actuellement sur l'évaluation de nouveaux carburants. L'utilisation de l'éthanol diminuerait effectivement la pollution de 40 %. Le « diester », qui sert comme additif dans le gazole, est reconnu pour avoir un excellent pouvoir de lubrification (en remplaçant le soufre) (*encadré 3*). Malgré son coût de production qui est actuellement un handicap, un gros effort de R & D est fait dans ce sens.
En région Picardie, grande région céréalière où le blé est un véritable atout (stockage possible toute l'année, prix du blé réduit avec la Politique Agricole Commune), la production d'éthanol issu d'une filière mixte betterave-blé avec une dominante blé est devenue une réalité. Dès 1993, la société Bio-Éthanol Nord-Picardie a créé une unité pilote à partir du blé pour les besoins de Elf. Après une fermentation originale avec une réduction de l'énergie nécessaire de 20 %, les résidus de blé sont destinés à l'alimentation animale.

Ont participé à ce colloque :

G. Alard	directeur général de Bio-Éthanol Nord-Picardie
F. Balkau	Production and Consumption Unit Division Director, UNEP
C. Bastioli	directeur général de Novamont
X. Beulin	président de la Fédération Française des Producteurs d'Oléagineux et Protéagineux (FOP)
M. Catinat,	chef d'Unité Politique entreprises et environnement, DG Entreprises-Commission Européenne
Y. Demarne	président du Conseil scientifique d'Agrice, directeur général de l'ENSIAA
P. Desmarescaux	président de Biovision
G. Dupont-Roc	directeur de la Mission Développement durable TotalFinaElf
G. Gosse	directeur de recherche à l'INRA
J. Grassin	vice-président de Copacel
F. Herman	ancien ministre, ancien député, député du Parlement Européen
I. Hudson	Global Business Director Bio-Based Materials
C. Mandil	président de l'Institut Français du Pétrole
M.-L. Moinet	journaliste « *Science et Vie* »
P. Renaud	président du Directoire de Cognis France
C. Roy	directeur de l'agriculture et des bioénergies de l'Ademe
B. Schockaert	président de la Commission Environnement « *UFC Que choisir ?* »
J. Siret	président d'Agrice

Figure 1.

Une meilleure réglementation des directives européennes et de la politique française et la possibilité d'une incorporation directe du produit dans l'essence seraient des atouts majeurs qui permettraient à l'éthanol de devenir un véritable produit d'avenir (sous réserve d'éventuelles contre-indications en ce qui concerne le fonctionnement du moteur). Actuellement utilisé comme additif à raison d'environ 1 % dans les essences, les motoristes européens préconisent son incorporation à 5 %. Les partisans de l'utilisation de biocarburants considèrent qu'employés à plus grande échelle, ceux-ci pourraient contribuer de façon significative à tenir les engagements de Kyoto.
Si on prend l'exemple de la biomasse ligno-cellulosique, deux voies lui sont ouvertes : la production d'éthanol (études déjà effectuées par le CEA, l'INRA et l'Institut Pasteur) et le gaz de synthèse, car il est possible de faire de l'hydrogène à partir de la biomasse.
L'utilisation du bois dans l'industrie nécessite de valoriser le potentiel des ressources avec beaucoup de précautions et d'avoir bien en vue le prix mondial et la réalité locale car il y a un véritable problème de compétitivité. Chez Copacel, fabricant de pâte à papier à partir du bois, la recherche est plutôt menée pour améliorer la qualité de la fibre destinée à différents usages, avec une réflexion effectuée en amont pour tenir compte de la problématique du facteur temps (renouvellement de la forêt).

Prospective et impacts : environnement, économie et société

La notion d'environnement n'est pas la même pour tous, et certains pays en voie de développement y sont moins sensibilisés. La dépollution coûtant très cher, il vaut mieux favoriser la prévention en prenant en compte tous les maillons de la chaîne de production

Encadré 4 - A propos des huiles végétales

En tant que biocarburants, les huiles végétales à base de colza ou de tournesol ont déjà trouvé un large débouché : entre les flottes captives urbaines (transports publics, véhicules municipaux) et la complémentation du gazole aux pompes, 300 000 t d'esters sont produites et consommées chaque année en France. La réduction de la fiscalité a largement contribué à ce succès et plusieurs autres pays européens augmentent eux aussi leur production de biocarburant. Les huiles végétales sont également utilisées pour deux autres familles d'applications : biolubrifiants et bases pour l'industrie chimique (solvants, détergents, plastifiants, etc.). Au total, un tiers de la production française de colza est destiné à des usages non alimentaires.

Sur le plan écologique, les biolubrifiants présentent des atouts majeurs. Le premier est leur toxicité quasi nulle, à comparer aux effets nocifs des produits pétroliers. Le second est la biodégradabilité. Les huiles végétales, plus sensibles à l'oxydation et à l'hydrolyse commencent à se dégrader seules et les micro-organismes font le reste. Elles finissent par être transformées en CO_2 et H_2O. Une huile végétale est détruite à 95 % en 21 jours contre 50 % pour une huile minérale.

Sur le plan des performances, les huiles fabriquées à partir d'esters d'acides gras montrent même des résultats supérieurs aux huiles minérales sur deux points fondamentaux : meilleure stabilité de la viscosité quand la température augmente et plus grande réduction des frottements grâce aux caractéristiques des molécules végétales.

De nombreux végétaux ont été testés pour parvenir à des biolubrifiants performants. Deux variétés de colza et deux de tournesol ont été analysées par les chercheurs, ainsi que le crambe (chou marin), la cameline, la noisette et l'olive. C'est finalement le tournesol oléique (une variété à forte teneur en acide oléique) qui s'est révélé le plus intéressant.

Principaux marchés : huiles pour moteurs deux-temps (bateaux et cyclomoteurs), fluides hydrauliques, lubrifiants pour l'industrie agroalimentaire, huiles pour chaîne de tronçonneuses (10 millions de L/an en France dans l'exploitation forestière), huiles de décoffrage pour la construction, huiles pour engrenages etc.

(voir aussi *L'Act. Chim.*, déc. **2000**, p. 3).

jusqu'à la consommation et faire ce que l'on appelle un **écobilan** en comparant les deux chaînes : soit avec les végétaux, soit sans. Pour cela, il faut également tenir compte de l'optimisation du produit à travers ses sous-produits (ex. de la canne à sucre d'où sortiront sucre, alcool, pulpe pour papier...). Tous les impacts de l'écobilan doivent être étudiés avec minutie pour favoriser tout le système plus que le produit lui-même, en sachant que l'utilisation des végétaux à divers niveaux est forcément génératrice d'emplois. Ainsi, le « diester », complément des produits fossiles, ne rompt pas les liens avec les industries pétrolières. Autre exemple, celui de l'huile végétale qui préserve l'environnement (fluide hydraulique et lubrification des chaînes de tronçonneuses par ex., voir *encadré 4*).

Mais est-on favorable à reconnaître la nécessité d'utiliser les surfaces agricoles à des fins industrielles pour préserver l'environnement ? Il est nécessaire de combiner les critères économiques en diversifiant les sols et les cultures, avec une interaction entre la recherche et la valorisation industrielle de la production agricole. Cela nous ramène par exemple au problème des OGM qui nécessitent une accélération de la recherche fondamentale et appliquée pour la sélection des semences, avec une recherche d'espèces destinées à un marché spécifique (acide oléique par ex.), dans une vision systémique raisonnée et durable.

La Communauté Européenne, sensibilisée au problème du changement climatique, a pris conscience de la nécessité des filières renouvelables dans le domaine de l'énergie avec des directives sur l'électricité et sur les biocarburants (*Livre Blanc*). Les industries renouvelables sont un véritable domaine prometteur (huiles, tensio-actifs, solvants), avec des perspectives de croissance en hausse (solvants : 30 à 40 %, tensio-actifs : 50 à 60 % de la production attendue dans le futur). Il y a là semble-t-il des intérêts pour l'industrie et la Commission est prête à appuyer cette potentialité future.

Comment notre société et les consommateurs réagissent-ils face à tout cela ? En règle générale, il y a une réelle demande d'information et d'explications suivies de questions : oui pour une action en faveur de l'utilisation des végétaux, oui pour une action sur l'environnement, mais avec vigilance en ce qui concerne les problèmes de pollution (augmentation des engrais, des pesticides...). Si l'on parle de culture raisonnée, cela sous-entend-il que celle-ci ne l'était pas auparavant ? Si l'aide publique est nécessaire, cela sous-entend-il que cette industrie n'est pas rentable ? N'y a t-il aucun risque à croiser des espèces et à cultiver ces espèces modifiées destinées à l'énergie près de celles destinées à l'alimentation ? Aujourd'hui, toutes ces questions n'ont pas encore de réponses, et il est bien certain que d'énormes principes de précaution seront à appliquer.

Conclusion

Le développement d'une agriculture non vivrière est l'un des enjeux du XXIe siècle et il est nécessaire de préparer au plus tôt les alternatives et les acteurs pour faire face à ce défi industriel et agricole, mais également économique et social.

Même s'il faut avoir présent à l'esprit que d'autres solutions industrielles sur la base d'une énergie à bas prix sont envisageables (chaîne de l'hydrogène), les végétaux sont un atout fantastique, et une réflexion commune sur les applications à long terme de l'utilisation de ceux-ci devra être menée avec les divers partenaires (industriels, agriculteurs, politiques) en tenant compte de l'aspect social et éthique d'un tel changement.

Alors, demain sera-t-il l'âge d'or du végétal ?

Roselyne Messal

Les encadrés sont extraits de l'ouvrage Les mystères de l'or vert, *©Agrice/Ademe, sept. 2001.*

Le saviez-vous ?

En mars 2000, le naufrage de l'Erika sur les cotes du Morbihan a fortuitement ouvert une nouvelle application aux EMHV(esters méthyliques d'huile végétale). Grâce à son pouvoir solvant, ce produit a d'abord été utilisé pour nettoyer les plages, puis pour fluidifier le pétrole prisonnier de l'épave avant son pompage. Les tests menés auparavant avaient démontré son efficacité et son innocuité pour l'environnement. S'il avait fallu nettoyer à l'aide de solvants habituels d'origine pétrolière, cela n'aurait fait qu'amplifier la pollution...