

# Editorial

par Gérard Tendron  
Secrétaire perpétuel  
de l'Académie d'agriculture de France

## La biodiversité en question

L'Académie a consacré récemment deux séances publiques sur la loi biodiversité et les continuités écologiques, et poursuivi des réflexions sur ce sujet complexe qui soulève de nombreuses questions scientifiques, techniques et sociétales.

La complexité du sujet tient notamment au fait que la diversité biologique peut être appréciée à différentes échelles de temps (milliers d'années pour les extinctions ou les apparitions d'espèces, dizaines d'années pour les déplacements d'espèces et leur adaptation, journées pour les proliférations de bactéries ou le développement de pathologies). Mais aussi à différentes échelles spatiales (de la terre dans sa globalité, aux territoires élémentaires, à la surface de la peau ou de l'intestin).

La diversité elle-même peut s'étudier à différents niveaux d'intégration du vivant : variété des paysages, des écosystèmes, des habitats, des espèces, des gènes, sans oublier les fonctionnalités écologiques. Enfin, si la notion d'état d'équilibre des écosystèmes a longtemps prévalu, les progrès des connaissances sur ce sujet ont largement montré que les écosystèmes sont par nature dynamiques, sous l'effet des changements des conditions pédoclimatiques et des activités de toutes natures d'origine anthropique. Les capacités d'adaptation des espèces et des écosystèmes dépendent de la diversité génétique ainsi que de la rapidité, de l'intensité et de l'amplitude de ces changements.

La diversité biologique européenne est la combinaison de processus spontanés de recolonisation et d'une gestion des systèmes écologiques aménagés pour des usages. Ce qui est qualifié de nature aujourd'hui est un réservoir de diversité biologique hybride, qui doit beaucoup aux pratiques agricoles et forestières.

De ce point de vue, il apparaît très excessif, dans un pays comme le nôtre, de véhiculer un discours catastrophiste sur l'extinction des espèces ou la dégradation irréversible de la biodiversité.

Il est vrai néanmoins que, durant les Trente glorieuses, l'intensification de l'agriculture nécessaire pour assurer l'autosuffisance alimentaire et la compétitivité des différentes filières de production, a généré des modifications préjudiciables en termes de biodiversité.

Cependant, depuis la convention de Rio de 1992, la tendance a été très largement inversée. La déprise agricole s'est traduite par l'extension des surfaces forestières, qui couvrent dorénavant 30% du territoire national. Les mesures agroenvironnementales du second pilier de la PAC (prime à l'herbe et à la rotation des cultures, reconstitution de haies, bandes enherbées le long des cours d'eau...) ont constitué un progrès indéniable et la sensibilisation des agriculteurs sur ce thème, et les contraintes financières, ont conduit au développement d'une agriculture de précision, économe en intrants (engrais et produits phytopharmaceutiques), voire de l'agriculture biologique. Dans le même temps, les progrès réalisés en amélioration des plantes se traduisent par un maintien de la diversité génétique des principales espèces cultivées.

Il apparaît, dès lors, que la biodiversité est historiquement le produit de la coévolution entre des processus naturels et des activités anthropiques, et qu'elle est appelée à évoluer sous la contrainte du changement global. Nous sommes donc confrontés à ce défi de prendre des mesures pour préserver la biodiversité dans un contexte d'incertitude quant à l'avenir, ce qui n'est pas sans poser des problèmes de cohérence des politiques publiques.

# PREMIER PRODUCTEUR FRANÇAIS DE PLAQUETTES FORESTIÈRES



ONF Energie  
2, avenue de Saint-Mandé - 75570 Paris Cedex 12  
Tél. : 01 40 19 78 19 - onf-energie.siege@onf.fr

ONF Energie

 PEFC 10-31-2768 / Cette entreprise a fait certifier sa chaîne de contrôle / pefc-france.org

**#MAKEACHILDCRY**

# Sommaire

## ■ Actualités

- Interdiction des maïs Bt en France : l'épilogue  
par Catherine Regnault-Roger p. 6
- Patrimoine naturel et développement dans les pays méditerranéens  
par Jacques Brulhet p. 10
- La filière bois : 14<sup>e</sup> filière stratégique nationale  
par Georges-Henri Florentin p. 15

## ■ Tribune Libre

- Fruits et légumes bio : pas meilleurs pour la santé  
par Léon Guéguen p. 22
- Vin et santé : risques et bienfaits  
par Jean-Pierre DECOR p. 27

## ■ Futurs p. 55

- La chimie des produits végétaux : questions et perspectives  
par Jean-François Morot-Gaudry p. 55

## ■ C'était hier

- Jean et Marie-Louise DUFRENOY, deux grands ihumanistes bienfaiteurs de l'Académie  
par Christian Ferault p. 63

## ■ DOSSIER P.35

### Le sol : un patrimoine à valoriser

- À quoi servent les sols ?  
par Jacques Berthelin p. 36
- Pressions sur les sols : quels enjeux ?  
par André Neveu p. 39
- Vers une nouvelle ingénierie écologique des sols  
par Jacques Berthelin et Jean-Charles Munch p. 42
- Gouvernance territoriale et qualité des sols : tout reste à faire  
par Christine King p. 46

## ■ FOCUS DES ENTREPRISES p. 68

- La semence au coeur des enjeux de l'agriculture  
Catherine Dagorn, p. 69
- Modèles agricoles, risques pour la sécurité sanitaire de l'aliment  
Philippe Gerbet p. 70
- Bioéthanol : le premier biocarburant mondial !  
Alain Jeanroy p. 72





**Catherine Regnault-Roger**  
Professeur des Universités  
émérite

## Catherine Regnault-Roger

Membre de l'Académie d'agriculture

### Interdiction des maïs Bt en France : l'épilogue

La Revue de l'Académie dans son numéro 5 se faisait l'écho, à travers une tribune libre, de l'interdiction du maïs Bt MON 810 en France et du risque alimentaire encouru pour les hommes et le bétail, notamment en matière de mycotoxines. Pour légitimer cette interdiction, une proposition de loi avait été présentée par le sénateur Alain Fauconnier et discutée par le Parlement en procédure accélérée. L'exposé des motifs avait toutefois interpellé le sénateur Jean Bizet et le député Bernard Accoyer qui ont alors saisi, le 24 avril 2014, le Haut Conseil des Biotechnologies (HCB), en vertu de la loi 2008-595, pour recueillir son avis scientifique, en posant quatre questions. Le Haut Conseil des Biotechnologies, ayant achevé son premier mandat le 30 avril 2014, il fallut attendre son renouvellement pour qu'il réponde à cette saisine, ce qui fut fait par un avis du Comité scientifique du HCB publié le 23 juin 2015. Bien que la loi ait été votée dans l'intervalle le 2 juin 2014 (la loi n°2014-567), les réponses du Comité scientifique du HCB méritent d'être examinées afin de vérifier la solidité des arguments scientifiques sur lesquels repose cette loi.

#### RÉPONSES AUX QUESTIONS DE LA SAISINE

La première question demande s'il existe des troubles environnementaux liés à la culture du maïs MON 810 dans les pays de l'Union européenne qui le cultivent depuis plusieurs années en termes de résistance des insectes ciblés et de réduction de populations d'insectes lépidoptères non cibles sensibles. Pour y répondre, le HCB s'appuie sur les avis publiés par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA : *European Food Safety Authority*) en 2009 et 2012 dans lesquels il ressort qu'aucun développement de résistance à la toxine Cry1Ab dans les populations de lépidoptères cibles exposées dans les pays de l'Union européenne n'a été recensé depuis que ces variétés de maïs Bt sont cultivées en Europe (recul de plus de dix ans maintenant). On rappellera que le maïs MON 810 a été cultivé dans huit Etats-membres différents au cours de ces treize dernières années, cinq aujourd'hui (Espagne, Portugal, Roumanie, Slovaquie, République Tchèque) avec des superficies en progression constante (146 000 ha en 2013). Ce risque identifié

d'un développement potentiel de résistances fait l'objet d'une surveillance spécifique et d'une stratégie de gestion adaptée. De la même façon, aucune réduction de populations d'espèces de lépidoptères non-cibles sensibles, n'a été observée lorsque ces populations sont exposées au pollen de maïs MON 810 déposé sur leurs plantes-hôtes, dans les pays de l'Union européenne cultivant ce maïs Bt. En conséquence l'EFSA indique qu'un effet négatif sur l'environnement du maïs MON 810, dans le cadre des utilisations prévues et des mesures de gestion recommandées dans les pays de l'Union européenne, ne s'est pas manifesté.

La deuxième question porte sur les effets non intentionnels que la culture du maïs Bt MON 810 pourrait occasionner sur les populations des lépidoptères ciblés mais aussi des populations d'insectes non ciblés sensibles. Le HCB souligne les difficultés de faire une surveillance exhaustive sur toutes les populations naturelles des espèces qui seraient exposées à la culture du maïs et les limites méthodologiques d'une telle surveillance. Il rappelle que le spectre des espèces sensibles à la toxine Bt est étroit, que tout changement de pratiques agricoles, quelle qu'il soit, a une incidence sur les espèces inféodées à l'agro-écosystème et qu'une modification de dynamique d'une population d'espèce observée à court terme n'engendre pas forcément un changement de dynamique de population à long terme. Ce cadre scientifique et méthodologique ayant été précisé, le HCB conclut que la réponse à la question est négative, c'est-à-dire qu'« aucun effet non inten-

tionnel de la culture du maïs MON 810 sur des populations de lépidoptères cibles et non-cibles sensibles n'a été observé en Europe ».

La troisième question est relative à l'existence d'un mécanisme de résistance dominante à la toxine Cry1AB observé chez un insecte ravageur *Busseola fusca* et si celui-ci est susceptible de causer des dommages environnementaux en France. Le HCB répond négativement à cette question en constatant que cet insecte est subsaharien et non présent en Europe d'une part, et « qu'un mécanisme de résistance n'est pas extrapolable d'une espèce à une autre » d'autre part.

La quatrième et dernière question demande de préciser les termes de la proposition de loi qui indique que la culture de maïs transgéniques, tels que le MON 810 ou le maïs Bt 1507, fait courir un « risque important mettant en péril de façon manifeste l'environnement ». A cette dernière question, le Comité scientifique du HCB répond très logiquement qu'il n'a pas identifié un tel risque dans ses avis rendus en 2009, 2010, 2011 et 2013 (<http://www.hautconseil-des-biotechnologies.fr/fr>) et qu'en conséquence il ne peut pas répondre à cette question ; mais que celle-ci doit être posée au rapporteur de la proposition de loi, le sénateur Fauconnier qui a exprimé ce point de vue particulier.

On le voit, à l'examen détaillé des fondements scientifiques, rien ne justifie cette proposition de loi qui a été votée le 2 juin 2014 par le Parlement français. Ce constat rejoint celui qui avait été fait à pro-

pos de l'argumentaire scientifique de l'arrêté du 14 mars 2014 interdisant la commercialisation, l'utilisation et la culture des 232 variétés de semences du maïs MON 810 inscrites au *Catalogue officiel des espèces et variétés des plantes cultivées*, afin de rendre illégaux les semis de maïs MON 810 plantés au printemps 2014 en France. Cet argumentaire avait déjà été jugé sévèrement et sans fondement par l'EFSA, en août 2014.

On peut donc en conclure que les risques environnementaux des exposés des motifs de la loi n°2014-567 du 2 juin 2014 ne sont pas avérés. Au contraire, ainsi que le soulignait la publication citée au début de cet article, la culture du MON 810 a un effet bénéfique dans les régions où sévissent des fusarioses du maïs qui s'accompagnent de production de mycotoxines délétères contaminant les récoltes. Elle en diminue les teneurs. Le risque mycotoxine est un risque émergent que le réchauffement climatique va favoriser.

### **UNE LOI INJUSTIFIÉE SCIENTIFIQUEMENT MAIS FONDÉE SOCIÉTALEMENT ?**

Le HCB est une instance chargée d'examiner non seulement la dimension scientifique mais aussi sociétale de la mise en œuvre des biotechnologies et des OGM. Il est à cet effet composé d'un double collège : un Comité scientifique et un Comité économique, éthique et social (CEES). Celui-ci comprend non seulement des experts mais aussi des parties prenantes représentant la société civile (associations engagées comme Greenpeace ou France nature-



HAUT CONSEIL DES BIOTECHNOLOGIES

COMITE SCIENTIFIQUE

Paris, le 23 juin 2015

AVIS

en réponse à la saisine du 24 avril 2014 de Messieurs Bernard Accoyer et Jean Bizet suite à la proposition de loi relative à l'interdiction de la mise en culture des variétés de maïs génétiquement modifié sur le territoire français'.

Le Haut Conseil des biotechnologies (HCB) a été saisi le 24 avril 2014 par Monsieur le Député Bernard Accoyer et Monsieur le Sénateur Jean Bizet, en vertu de l'article L.531-3 du code de l'environnement, d'une demande d'expertise scientifique relative à l'exposé des motifs de la proposition de loi du 4 février 2014 visant à interdire la mise en culture des variétés de maïs génétiquement modifié sur le territoire français.

environnement ; syndicats agricoles Confédération paysanne ou FNSEA ; ou encore des représentants des élus nationaux : Association des maires de France, OPECST *Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques* etc...).

Parmi les débats engagés dans ce CEES, celui de savoir s'il faut privilégier la liberté de l'agriculteur de choisir des semences OGM considérées comme sans danger pour la santé et l'environnement ou si, en vertu du principe de précaution, il faut mettre en avant que l'absence d'impacts à ce jour des maïs Bt sur l'environnement ne garantit pas qu'il n'y en aura pas sur le long terme. Ainsi, certains préconisent, qu'avant la mise en

culture d'une plante génétiquement modifiée (PGM), la prise en compte de facteurs comme la co-existence des systèmes de production et l'économie du secteur semencier ou encore l'évolution des systèmes agricoles, soit effectuée préalablement. Ce sont ces facteurs que la nouvelle directive communautaire 2015/412 EU a décidé d'intégrer, laissant toute latitude aux Etats-membres d'interdire la culture sur leur territoire national d'une PGM qui aurait pourtant reçu une autorisation au niveau européen. Le gouvernement français a milité très activement pour l'adoption de cette nouvelle réglementation qui lui permet a posteriori de justifier socialement cette loi 2014-567, qui est, on l'a vu, injustifiée scientifiquement.

CONCLUSION

Si le gouvernement français n'aura plus à invoquer des arguments scientifiques farfelus pour interdire la culture des OGM sur le territoire français en raison de la nouvelle réglementation européenne, on peut néanmoins s'interroger sur le sens communautaire de la récente directive 2015/412EU. En effet, les Etats membres vont pouvoir adopter des règles nationales divergentes sur les PGM et leur circulation dans l'UE. C'est ce que Marion Guillou, ancienne présidente de l'INRA et aujourd'hui présidente de l'Institut agronomique vétérinaire et forestier de France, membre de l'Académie d'agriculture de France, a souligné dans son intervention du 1er juillet 2015 sur les OGM, effectué dans le cadre du cycle de conférences « Les exposés du mercredi du Pavillon de la France » de l'Exposition universelle de Milan 2015 (<https://vimeo.com/132633108>). Elle a même qualifié la situation en résultant de « bazar » ! Elle indique également qu'il est important de garder un savoir-faire biotechnologique en France dans l'amélioration variétale permettant non seulement de faire progresser les rendements pour nourrir une population humaine en expansion démographique soutenue, mais aussi de faire face à un danger sanitaire inopiné. Elle insiste également sur le fait qu'il serait imprudent d'écarter de la panoplie du chercheur français les outils biotechnologiques, ce qui rendrait « le pays sourd et aveugle » à un moment où de nombreux autres pays ne se privent pas les utiliser. Puisse-t-elle être entendue ! ■

# LES OCÉANS DEVRAIENT PEUT-ÊTRE ACCEPTER DE FUSIONNER, CAPITALISANT AINSI SUR L'ADDITION DE LEURS RICHESSES

Bien sûr, il serait raisonnable pour les océans du monde d'arrêter d'agir comme cinq entités différentes, mais il faudra un peu plus que la signature d'un contrat pour les protéger convenablement. Il est temps pour nous, humains, de prendre nos responsabilités quant à la protection des ressources de notre planète. Sans ces ressources précieuses, le monde des affaires finira par périr. Contribuez à la protection de la planète avec des centaines d'autres entreprises en devenant membre de 1% For The Planet. C'est une association en pleine expansion regroupant des entreprises du monde entier qui reversent un pour cent de leur chiffre

d'affaires à des associations soutenant des causes environnementales.

En devenant membre de 1% For The Planet, vous faites connaître l'engagement de votre entreprise et son impact positif sur la planète. En soutenant les entreprises membres de 1%, vos achats participent à changer le monde dans lequel nous vivons. Pour la liste complète des entreprises membres que vous pouvez soutenir, ou pour en savoir plus sur la façon dont votre entreprise peut aussi faire des affaires au profit de la terre, visitez [onepercentfortheplanet.org](http://onepercentfortheplanet.org).





Jacques Brulhet  
Docteur vétérinaire  
Vice-Président honoraire du  
CGAAER

## Jacques Brulhet

Membre correspondant de l'Académie d'agriculture

### Patrimoine naturel et développement dans les pays méditerranéens

**Cette contribution a été présentée lors du forum Parménides VII, organisé du 17 au 19 mars 2015 à Dubrovnik par le GID (Groupement interacadémique pour le Développement), dont l'Académie d'Agriculture est membre fondateur. Le site « g-i-d.org » donne plus de détails sur le GID et sur ce forum.**

Le thème du forum Parménides VII était « Technologies et patrimoines : valorisation des patrimoines pour le développement ». Généralement et classiquement, le patrimoine est considéré sous ses aspects historiques, culturels ou artistiques : les sites archéologiques, les bâtiments et monuments historiques ; il est aussi souvent associé à des domaines plus immatériels des arts et de l'artisanat, du savoir-faire, de la connaissance.

En revanche, ce n'est que depuis quelques décennies qu'émerge la notion plus large qui est celle du patrimoine de l'humanité, englobant les sites, les territoires, les œuvres, mais aussi la biodiversité des espèces animales et végétales. Moins évoqué que le patrimoine historique, le patrimoine naturel joue pourtant un rôle majeur dans le développement des territoires, souvent à la base de toute activité agricole.

Il est donc important d'intégrer dans les réflexions sur le patrimoine médi-

terranéen le patrimoine naturel, qui peut se décliner ainsi :

- les animaux terrestres, avec une mention particulière sur la « biodiversité domestique », et toutes ses répercussions sur les systèmes d'élevage ;
- les plantes cultivées et les forêts dont de très bons exemples en Tunisie et au Maroc ont fait l'objet de présentations séparées dans ce forum ;
- le milieu marin, essentiel en Méditerranée, doit faire l'objet de toute notre attention ; il a été largement évoqué par quatre conférenciers lors de ce Forum ;
- la biodiversité naturelle dont la valeur économique et patrimoniale a fait l'objet d'une présentation particulière.

#### BIODIVERSITÉ DOMESTIQUE ANIMALE

Depuis deux siècles, en particulier en Europe, des éleveurs éclairés ont

identifié, sélectionné et développé de très nombreuses races « locales » à partir d'animaux domestiqués par l'homme depuis des millénaires : chevaux, bovins, ovins, caprins, porcins, volailles, etc... Le phénomène est identique pour les animaux de compagnie, chien et chat en particulier qui ont joué un rôle majeur dans le développement des activités humaines.

C'est cette biodiversité créée par l'homme qui représente la biodiversité domestique. Or, on a pu constater en Europe une tendance depuis les années 50 à l'abandon des races locales sous la pression du contexte économique et des sélectionneurs. La situation est caricaturale pour les volailles industrielles : aux USA, il ne reste plus que 4 races de volailles, 2 races pour les poulets de chair, 2 pour les poules pondeuses. Même phénomène pour les vaches laitières où la race Holstein représente plus de 80 % de la production laitière française... Les exemples sont nombreux.

Cette carte indique par continent la situation des races d'animaux domestiques : le nombre de ces races éteintes ou en situation critique



La race N'Dama a été préservée.

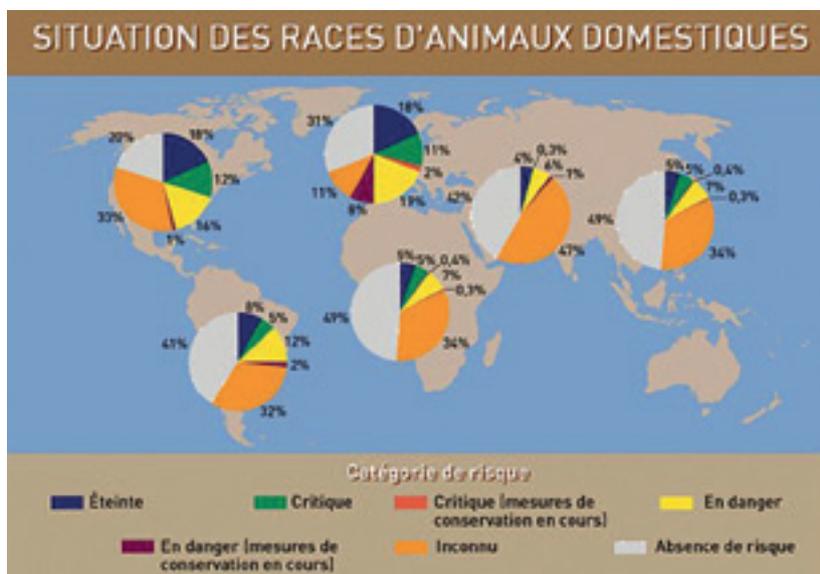
est important en Europe et en Amérique du nord.

Il est ainsi très important de préserver ces races locales et les exemples sont très nombreux :

- la race N'Dama est une race bovine originaire de Guinée qui présente une tolérance à la trypanosomiase bovine. Cette maladie animale, dont le vecteur est la mouche tsé-tsé, est extrêmement pénalisante pour tous les élevages de bovins en Afrique tropicale. Cette race, dont les performances zootechniques sont

modestes, a été préservée pour développer des croisements performants (exemple de croisement N'Dama x Abondance en Côte d'Ivoire) ;

- exemple du mouton mérinos de Rambouillet : une race d'origine espagnole, conservée en race pure à la Bergerie royale de Rambouillet depuis le 18<sup>ème</sup> siècle. Ses qualités lainières restent la référence mondiale ;
- un exemple très particulier d'une espèce animale patrimoniale emblématique est la préservation au Mexique de l'abeille *Melipona*, symbole de la civilisation Maya. Elle a été préservée et permet aujourd'hui de nombreuses déclinaisons économiques (miel, tourisme) et culturelles ;
- ainsi depuis quelques années, chaque pays a organisé le sauvetage de ses races locales. La Croatie, pays hôte du forum Parménides VII a par exemple préservé des races rustiques du bassin central de la rivière Sava, comme le cheval de la Posavina, le porc de Turopolje ou les bovins de Podolie Slavonie-Syrmia.



Plus généralement, la FAO a fortement contribué à cette sensibilisation à la conservation des ressources génétiques animales. Enfin, une dimension nouvelle est donnée à cette problématique avec le développement des nouvelles technologies du séquençage génomique, mais le sujet est loin d'être stabilisé et ses applications sont très récentes.

Le maintien de la biodiversité domestique avec ses races rustiques a d'autres conséquences sur le développement des territoires :

- maintien d'activités économiques dans des zones défavorisées : En Algérie par exemple, le pastoralisme pratiqué avec des races ovines rustiques locales s'est bien maintenu sur les hauts plateaux, où il génère beaucoup d'activités économiques en aval : production laitière, fromagère, production de laine, tissage de tapis...
- préservation de paysages : l'exemple du maintien en Espagne ou en Italie du sud de nombreux chemins de transhumance, a permis de trouver de nouvelles finalités à ces territoires, le tourisme de randonnée en particulier.



Par opposition à la biodiversité domestique animale la biodiversité naturelle animale « sauvage », a été largement présentée par ailleurs lors de Parménides VII. Il est cependant intéressant de citer quelques exemples très connus d'animaux sauvages emblématiques, comme le dodo qui a complètement disparu de l'île Maurice mais qui reste important dans la tradition locale, ou le grand panda qui fait l'objet de toutes les attentions du gouvernement chinois.

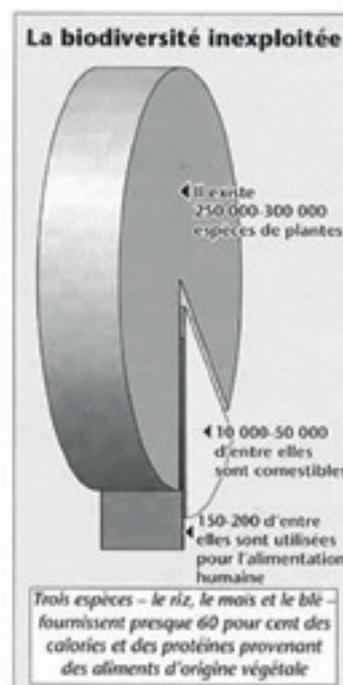
### LES PLANTES CULTIVÉES

Plusieurs milliers d'espèces végétales ont été utilisées au cours de l'histoire pour l'alimentation humaine, mais on n'en cultive plus aujourd'hui que 150 environ et pas plus de 3 fournissent quelque 60% des calories et protéines tirées des plantes.

Depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle, 75 % de la diversité génétique des plantes cultivées ont été perdus. L'érosion de la diversité génétique des plantes cultivées est une menace pour la sécurité alimentaire.

Il existe également un grand danger de l'uniformité phytogénétique. Les sélectionneurs de semences ont

besoin en permanence d'infusions fraîches de gènes provenant des cultures et des champs du monde en développement.



Source: GCRAI.

Il existe ainsi de nombreux exemples montrant l'importance des plantes « locales » :

- exemple majeur du riz africain (*oryza glaberrima*); il est peu cultivé, mais il est rustique, plus résistant à la sécheresse et aux sols acides que le riz asiatique classique (*oryza sativa*). Son génome vient très récemment d'être séquencé ;
- le kénaf, plante d'Afrique de l'Est, alternative pour la production de pâte à papier ;
- les ananas sauvages d'Amérique latine à forte teneur en sucre ; les tomates sauvages des Galapagos tolérantes au sel...

Lors de Parménides VII, des présentations très détaillées ont permis de mesurer l'importance de la préservation de certaines espèces d'olivier

résistantes dans le sud tunisien, et de remarquables et ancestrales techniques d'exploitation collectives des forêts rurales de l'Atlas marocain.

Pour conserver toutes ces espèces végétales, de nombreuses initiatives ont été prises : Ainsi en 2008 a été entreprise la construction d'une réserve mondiale d'échantillons végétaux préservés dans un congélateur/bunker au Spitzberg. Ce « Svalbard Global Seed Vault » est une réserve de l'humanité, avec près d'1 million d'échantillons végétaux conservés (capacité 4,5 millions).

Une initiative comparable a été prise pour les pays méditerranéens: SEM-CLIMED est un réseau de 16 institutions de 8 pays, dont le thème de travail est l'impact du changement climatique sur la flore méditerranéenne et les actions de conservation des espèces et des habitats végétaux.

## LE MONDE MARIN

Le milieu marin et lagunaire est particulièrement important pour les pays méditerranéens. Le patrimoine naturel que constitue cet écosystème est très précieux. Un important réseau de stations marines existe, travaillant en collaboration étroite pour la préservation de cet environnement fragile, facilitée par le développement d'aires marines protégées tout autour de la Méditerranée (près de 150 aujourd'hui).

Deux exemples pour illustrer cette dimension :

- le thon rouge : surexploité depuis des décennies, ce poisson emblématique de la Méditerranée (il figure par exemple sur les pièces de 2 Kune de la monnaie croate) était en grand danger de raréfaction.

## Forum Parménides VII à Dubrovnik, du 17 au 19 mars 2015.

L'Académie d'agriculture de France est membre fondateur du GID, association internationale créée en 2007 par 10 académies de l'Europe du Sud et du continent africain. Sa devise est : « Mobiliser les savoirs au service du développement ».

Dans ce cadre, le GID organise de nombreuses actions, dont des forums annuels pour un espace méditerranéen des savoirs intitulés « Parménides ». La septième édition de ces forums, où l'AAF était souvent représentée, s'est déroulée à Dubrovnik en Croatie, du 17 au 19 mars 2015, et son thème était : « Technologies et patrimoines : valorisation des patrimoines pour le développement ».

L'objectif de ce septième Forum Parménides était de réunir des chercheurs de haut niveau et des décideurs dans le domaine des différents patrimoines. Plus de 80 chercheurs, experts et élus de 18 pays ont ainsi participé à ces travaux qui se déroulèrent dans les deux langues de travail français et anglais.

Trois sessions ont animé ce forum :

- Patrimoine naturel : sa valeur pour le développement
- Patrimoines géologique et archéologique
- Patrimoine et urbanisation : la dynamique des villes





La limitation de la pêche au thon rouge en méditerranée a porté ses fruits.

La structure internationale CICTA (ICCA), Commission internationale pour la conservation du thon atlantique, a mis au point, puis appliqué des mesures drastiques de quotas nationaux et de limitation de la pêche du thon rouge en Méditerranée. Cette politique de gestion d'une ressource halieutique, toujours difficile à mener, a porté ses fruits, puisque la dernière conférence de la CICTA à Gênes en décembre 2014 a permis d'augmenter les quotas de pêche du thon rouge en Méditerranée, pour la première fois depuis longtemps ;

-le corail rouge de Méditerranée : c'est aussi un symbole du patri-

moine méditerranéen, utilisé depuis l'antiquité en bijouterie par exemple. Il est surexploité depuis plusieurs années, mais les sites de cueillette sont aujourd'hui mieux identifiés et mieux surveillés, et des tentatives de culture ont été entamés dans plusieurs pays, notamment en Israël.

#### QUELQUES ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

Ces très nombreux exemples ont permis de démontrer lors du forum Parménides VII la diversité du patrimoine naturel méditerranéen, qu'il faut préserver, entretenir et développer.

Ce patrimoine, avec ses ressources zoo et phytogénétiques, doit être au service de l'humanité. Il joue un rôle déterminant dans le développement de nos pays et de nos territoires.

Il assure une plus grande sécurité alimentaire, maintient une activité économique procurant des emplois dans des zones généralement difficiles. C'est aussi un atout important du développement du tourisme, et il joue très souvent un rôle prépondérant dans la symbolique historique régionale. ■



**Georges-Henri Florentin**  
Directeur général de  
l'Institut technologique forêt,  
cellulose bois, construction,  
ameublement

## **Georges-Henri Florentin**

Membre correspondant de l'Académie d'agriculture

### **La filière bois 14° filière stratégique nationale**

**L'Académie d'agriculture, en partenariat avec l'Institut technologique FCBA, a invité le 1<sup>er</sup> avril 2015 trois des principaux acteurs filière/bois qui ont présenté les importantes avancées de ces derniers mois.**

Il a été tout d'abord rappelé les fondamentaux de cette filière, à savoir ses atouts :

Une ressource importante avec :

Une forêt en accroissement depuis la Seconde Guerre mondiale, 30% du territoire, 16M ha, la troisième en Europe après la Suède (28M ha) et la Finlande (22). L'Espagne est proche en surface, mais moins productive, Une récolte commercialisée de 35M m<sup>3</sup> de bois ronds, dont 18 de bois d'œuvre (5 de feuillus) produisant 6.7M m<sup>3</sup> de sciages résineux et 1.3M m<sup>3</sup> de sciages feuillus.

Un secteur économique notable et en forte évolution avec :

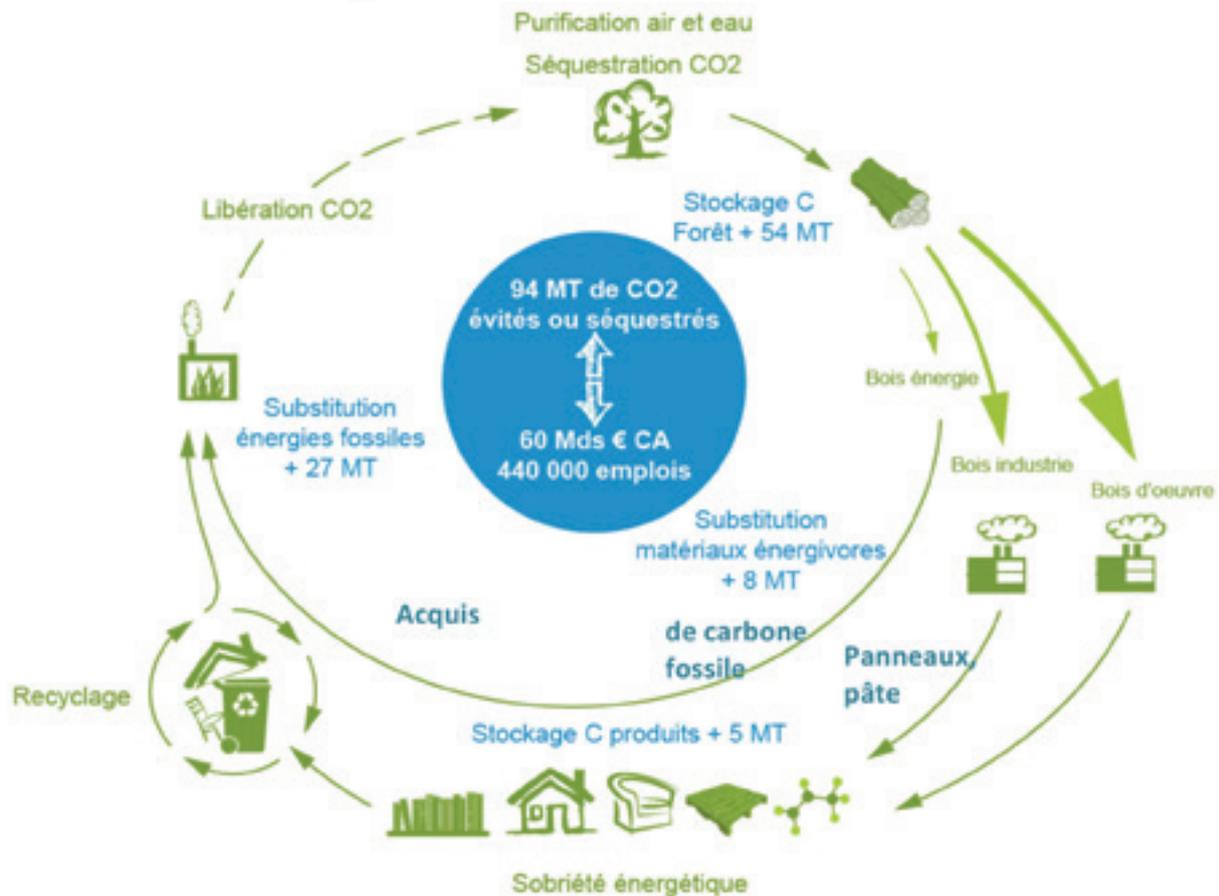
- un caractère « bio-sourcé » du secteur avec l'utilisation majoritaire de ses produits dans la construction (stockage de carbone et produits en substitution du carbone fossile), le secteur utilisateur immédiatement derrière est celui de l'emballage ;

- des entreprises réparties sur tout le territoire, peu délocalisables, d'un chiffre d'affaires d'environ 60Mds €, pour des emplois de l'ordre de 400 000 : l'équivalent de la filière automobile, production hors services.
- Une filière qui s'est regroupée dans ses professions et avec ses ministères : ceux chargés de l'Industrie, de l'Agriculture, du Logement et de l'Environnement. L'occasion pour le sénateur de la Moselle, Philippe Leroy, d'affirmer « depuis 40 ans je n'avais jamais vu ça. »

Mais aussi, ses faiblesses :

- un déficit d'un peu plus d'1Md € pour les bois destinés à la construction ;
- une difficulté de mobilisation et une insuffisance de plantations ;
- l'absence de grands groupes industriels ;
- un potentiel insuffisamment valorisé et quelques freins culturels et réglementaires subsistants.

## L'équation vertueuse de la filière forêt-bois



Et quelques opportunités :

- l'intérêt du public :
  - pour la forêt,
  - pour l'aspect chaleureux du matériau et son côté novateur (par sous-emploi ces 100 dernières années) ;
- un marché mondial en croissance ;
- l'intérêt des pouvoirs publics (PNA<sup>1</sup>, 14<sup>e</sup> filière stratégique, PNFI<sup>2</sup>, PNFB<sup>3</sup>, Plan Bois DHUP<sup>4</sup>, COP 21<sup>5</sup>...)

Sans oublier quelques risques ;

- le changement climatique ;
- la sanctuarisation éventuelle des forêts ;
- la diminution des financements des actions du long terme par l'Etat (Recherche, Normalisation) ;

- l'export de matière première ;
- les difficultés économiques susceptibles de faire disparaître des opérateurs ;
- la concurrence des pays à faibles coûts.

### France Bois Forêt (FBF), l'interprofession amont

Laurent Denormandie Président des Établissements Sylvabois et Président de FBF a présenté son interprofession dix ans après sa création en 2005.

France Bois Forêt est en effet l'interprofession nationale, créée sous l'égide du ministère de l'Agriculture en charge des forêts, pour réaliser les actions collectives de promotion et de développement prévues dans le cadre de l'article L.632 du Code Rural

(Arrêté d'extension du 07-03-2014, paru au JO du 19-03-2014).

FBF est composé de 20 membres, 14 membres actifs et 6 membres associés.

<sup>1</sup> Plan National d'Action pour l'Avenir des industries de transformation du bois

<sup>2</sup> Plan de la Nouvelle France Industrielle «Industries du bois»

<sup>3</sup> Programme National de la Forêt et du Bois

<sup>4</sup> Mis en œuvre depuis 4 ans par la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages du ministère du Logement, de l'Égalité des Territoires et de la Ruralité (MLETR), Direction qui appartient aussi au ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE).

<sup>5</sup> 21<sup>ème</sup> Conférence des Parties de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (Paris, 30 novembre-11 décembre 2015)

Les Membres actifs du Conseil d'Administration de France Bois Forêt sont : ONF, UCFF<sup>6</sup>, FPF<sup>7</sup>, FNCOFOR<sup>8</sup> pour le 1<sup>er</sup> collège : amont forestier, FNB<sup>9</sup>, FBT<sup>10</sup>, LCB<sup>11</sup>, SNPF<sup>12</sup>, GIE, UNEP<sup>13</sup>, FNEEDT<sup>14</sup> pour le 2<sup>ème</sup> collège : 1<sup>ère</sup> transformation, SEILA<sup>15</sup>, SIEL<sup>16</sup>, SYPAL<sup>17</sup> pour le 3<sup>ème</sup> collège : emballage bois.

Sont membres associés : ASFFOR<sup>18</sup>, CIBE<sup>19</sup>, CNIÉFEB<sup>20</sup>, CNPF<sup>21</sup>, FBR<sup>22</sup> et FCBA.

La collecte a augmenté ces dernières années ayant démarré en 2006 à 2 M€ pour se stabiliser à partir de 2012 aux alentours de 7 M€.

Par catégorie, la collecte provient majoritairement des entreprises puis des collectivités.

L'origine par essence de cette collecte est : le chêne pour 35%, le sapin et l'épicéa 16%, le douglas 15% et le pin maritime 11%.

Les principales actions menées sont la communication générique, suivie de la recherche développement qui a progressé et atteint désormais 22%, très proche des initiatives régionales (18%). A noter que l'observatoire économique représente 6% de l'activité en 2014

Laurent Denormandie a aussi insisté sur le fait que FBF est une interprofession par métier et non par essences. La variété des acteurs est une richesse mais aussi une difficulté, car il faut concilier des intérêts aussi différents que ceux d'un maire ou d'un propriétaire privé avec ceux d'un fabricant de palettes.

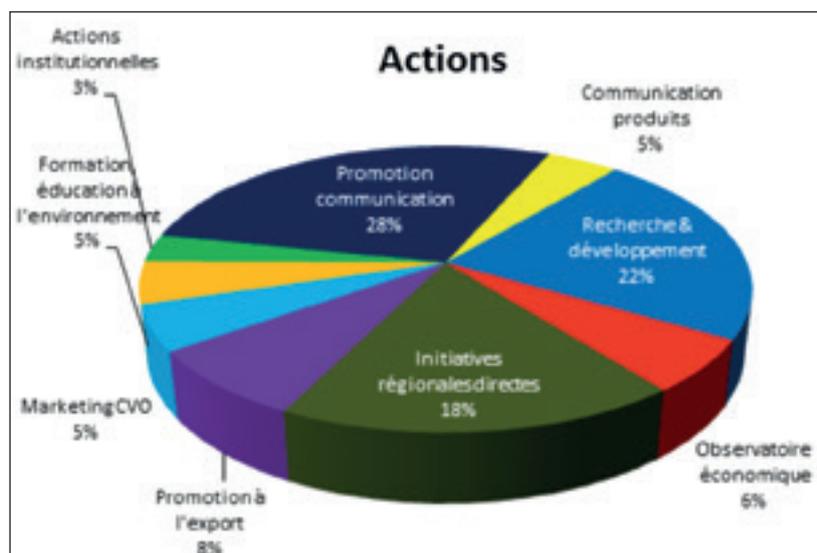
Son opinion est que l'industrie prend évidemment en compte la diversité forestière et la spécificité française mais que le marché prime : on ne décrète pas instantanément qu'on construit en feuillus, il faut des années, car l'industrie et le chantier ne peuvent s'adapter instantanément à la forêt.

Il a aussi regretté la baisse de plantations en France et les risques que font peser à la production forestière une multifonctionnalité en tous lieux parfois partielle. Il lui semblerait préférable de spécialiser certaines zones du territoire. Enfin, face aux difficultés de la mobilisation en regard de la production biologique il s'est demandé si l'on ne devrait pas parler de « forêt » à partir d'une surface minimale (4 ha ?) : « un potager n'est pas une exploitation agricole ».

## À l'aval l'interprofession France Bois Industries Entreprises (FBIE) et le Comité Stratégique de Filière et du Conseil National de l'Industrie (CSF-CNI)

Luc Charmasson, Président des Etablissements GIPEN (Charpente industrielle et construction bois), Président de FBIE et Vice-Président du CSF-CNI, a présenté l'aval de la filière et les travaux qui ont conduit à sa reconnaissance dans son ensemble comme stratégique en France.

La structuration politique de la filière est récente, mais efficace. La création de FBF et de la CVO<sup>23</sup> date en effet de 10 ans. La taxe affectée, est collectée



6 Union de la Coopération Forestière Française

7 Fédération des Forestiers Privés de France

8 Fédération Nationale des COmmunes FORestières

9 Fédération Nationale du Bois

10 Fédération des Bois Tranchés

11 Le Commerce du Bois

12 Syndicat National des Pépiniéristes Forestiers

13 Union Nationale des Entreprises du Paysage

14 Fédération Nationale des Entrepreneurs Des Territoires

15 Syndicat Emballage Industriel Logistique Associée

16 Syndicat national des Industries de l'Emballage Léger en bois

17 SYNdicat industrie et services de la PALette

18 Association des Sociétés et groupements Fonciers et FORestiers

19 Comité Interprofessionnel du Bois Energie

20 Compagnie Nationale des Ingénieurs, Experts Forestiers, et des Experts en Bois

21 Centre National de la Propriété Forestière

22 France Bois Régions (fédération des 22 interprofessions régionales ou départementales de la filière forêt bois française)

23 Contribution Volontaire Obligatoire, cotisation demandée à toutes les entreprises de la filière et aux propriétaires forestiers vendeurs de bois pour financer des actions d'intérêt collectif.

par le CODIFAB<sup>24</sup> depuis 2009. FBIE fut créée deux ans plus tard.

Depuis 5 ans FBF et CODIFAB cofinancent de plus en plus d'actions communes (près de la moitié de la CVO et de la taxe affectée sont ainsi mutualisées aujourd'hui). Enfin FBF et FBIE ont su parler d'une seule voix depuis 2012, date où elles ont remis aux pouvoirs publics le projet forêt-bois pour la France, un business plan pour pérenniser et valoriser la forêt française et un plan de lobbying et communication.

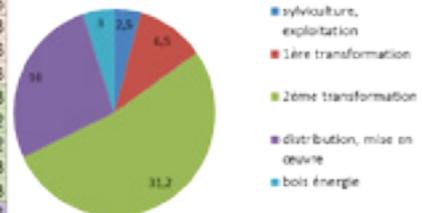
Notre filière a la particularité de produire des services environnementaux non marchands indispensables au maintien de la biodiversité, de la qualité de l'eau, sans parler des activités de loisir. Elle compense aujourd'hui près de 20% des émissions annuelles de CO<sub>2</sub> françaises par le stockage du carbone dans la forêt et dans les produits bois, la substitution du bois aux matériaux énergivores (une structure bois nécessite 9 fois moins d'énergie qu'une béton, 17 fois moins qu'en acier et 48 fois moins qu'en aluminium) et la substitution aux énergies fossiles (équivalente à l'importation de 6 Md € de pétrole malheureusement non décomptée du « déficit » de la balance commerciale de la filière).

Si ces bienfaits sont assez protégés par les politiques publiques auxquelles l'économie de la filière est très sensible, ils sont principalement financés par les marchés qui transforment les 40 millions de m<sup>3</sup> de bois vendus. Plus les industries de transformation sont performantes avec du bois français, plus la gestion forestière est dynamisée, la sylviculture active, et les services environnementaux confortés.

Le président de FBIE a présenté ensuite la stratégie de filière.

## Les marchés de la filière

secteur	CA M€
sylviculture (NF, experts, CRPF, coop)	1
exploitation forestière	1,5
sciages	3,5
rabotage industriel	0,8
placages-panneaux	1,6
pates	0,6
emballages + tonnellerie	3
charpentes menuiseries ossatures	3,2
parquets	0,2
meubles bois	6,3
articles papiers-cartons	19,3
distribution	5,6
mise en œuvre (charpente, menuiserie)	10,4
bois énergie commercialisé	3
total	60



Pour atteindre les objectifs économiques et écologiques de notre pays : **Il faut développer la filière forêt-bois en répondant aux marchés, notamment à celui de la construction et en valorisant la ressource française.**

Cette stratégie au travers du contrat de filière a été signée par 4 ministres, le président de l'Association des régions de France, et 22 organisations professionnelles de l'amont et de l'aval, avec l'accord de syndicats de salariés, le 16 décembre 2014.

*Comment fonctionne le Comité Stratégique de Filière Bois :*

Le CSF comporte une gouvernance tripartite : Etat, professionnels, et centrales syndicales, avec présence de l'ARF.

L'assemblée plénière comprend 65 membres, le Bureau (organe exécutif) est composé de 18 personnes dont 8 professionnels. Tous les secteurs sont représentés y compris l'énergie.

Les missions du CSF Bois sont...

- suivi de la mise en œuvre des actions du contrat ;
- analyses et propositions stratégiques sur les sujets majeurs : éco-

- nomie, innovation, communication, social ;
- déploiement des actions en régions ;
- travail transversal au CNI (emploi, économie circulaire, simplification...).

### Le principe d'un contrat de filière :

Ce sont des engagements réciproques entre les entreprises de la filière et les pouvoirs publics pour atteindre des objectifs communs en réalisant des actions concrètes.

**Les engagements de l'Etat** vont de la loi à la subvention en passant par la coopération des opérateurs publics : BPI, CdD, ADEME, ANAH, UBIFRANCE<sup>25</sup> sans oublier le médiateur interentreprises (sollicité sur le sujet de la contractualisation) et les missions des Conseils Généraux des trois ministères signataires ; la plupart de ces engagements figurent dans le PNAA.

<sup>24</sup> Comité professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois  
<sup>25</sup> L'agence française pour le développement international des entreprises

**Les Régions déclineront le contrat de filière** dans leur domaine de compétence en y mettant les moyens de leur développement économique. Il est souhaité que les régions qui le veulent puissent ouvrir les commissions régionales de la forêt et du bois (décret LAAF en cours) pour qu'elles déclinent le contrat en régions.

Les commissions régionales de la Forêt et du Bois renouvelées (co-présidence, Préfet-Président de région) et co-administrées (Economie, Agriculture, Logement, Ecologie), intégrant les entreprises pourront être le réceptacle.

**Les professionnels se sont répartis la maîtrise d'ouvrage des actions**, en partenariat avec les autres acteurs concernés et pourront confier la réalisation aux opérateurs de la filière, FCBA, CNDB<sup>26</sup>, le cas échéant.

Chacune de ces actions est détaillée précisément avec son objectif, son indicateur de pilotage, son calendrier.

*Le contrat est mis en œuvre selon 4 défis :*

**Une stratégie globale** : économie, formation, innovation, exportation et Réflexion sur tableau de bord et veille économique mutualisée

**Un accompagnement de proximité**  
Au niveau national, Bpifrance a signé avec le CSF une convention de partenariat pour la filière, et édité une plaquette d'information sur tous les outils de financement déployés en régions pour les PME et TPE ainsi que sur le fonds d'investissement dit Fonds Bois 2, à hauteur de 40 M€ destiné à de gros projets.

**La sécurisation des approvisionnements**

C'est le sujet central de la compétitivité des entreprises françaises de

la filière. En période de tension sur la ressource, les participants des GT concernés ont préféré la notion d'articulation des usages à celle du conflit d'usages.

L'objectif est de développer une offre de nature à satisfaire les besoins de toute la filière dans le respect de la gestion durable de la forêt, et en optimisant le recyclage des produits en fin de vie.

Le fonds stratégique d'une part (environ 30 M€) et le fonds chaleur d'autre part (30 M€) financeront des actions de plantation de la forêt et de mobilisation des bois.

La contractualisation reste un objectif pour donner aux uns et aux autres la visibilité pour investir.

Les professionnels s'engagent à piloter la réflexion sur un plan « déchets de bois » dans le cadre du plan déchets 2014-2020 du MEDDE et à renforcer l'économie circulaire de la filière.

**Un plan bois construction rénovation environnement**

Le marché de la construction est celui qui doit « tirer » l'ensemble de la filière. Si des progrès seront faits en R&D, notamment pour valoriser les feuillus, il faut agir pour mieux faire reconnaître les vertus écologiques du bois, et les économies qu'elles induisent.

Avec le plan Nouvelle France Industrielle « Industries du bois » (8 M€ cofinancé avec 5.6 M€ de crédits publics), des actions de R&D et de marketing seront entreprises en commun.

Le plan bois « DHUP » mis en œuvre depuis 4 ans par le MLETR, encouragera l'utilisation des feuillus, la valorisation des solutions bois dans la réhabilitation, la promotion en régions, les formations.

**Il convient maintenant de transformer l'essai pour :**

Renforcer la notion de filière par la réalisation des actions :

- dans les politiques et les actions publiques ;
- dans la défense de la part de la forêt et du bois : Cop 21, engagements de l'UE, engagements de la France, stratégie nationale bas carbone, programmation pluriannuelle de l'énergie ;
- dans la défense de notre place dans les entreprises de la croissance verte, et en s'assurant de la cohérence des politiques des quatre ministères concernés au regard de l'économie de la filière.

Et au sein de la filière

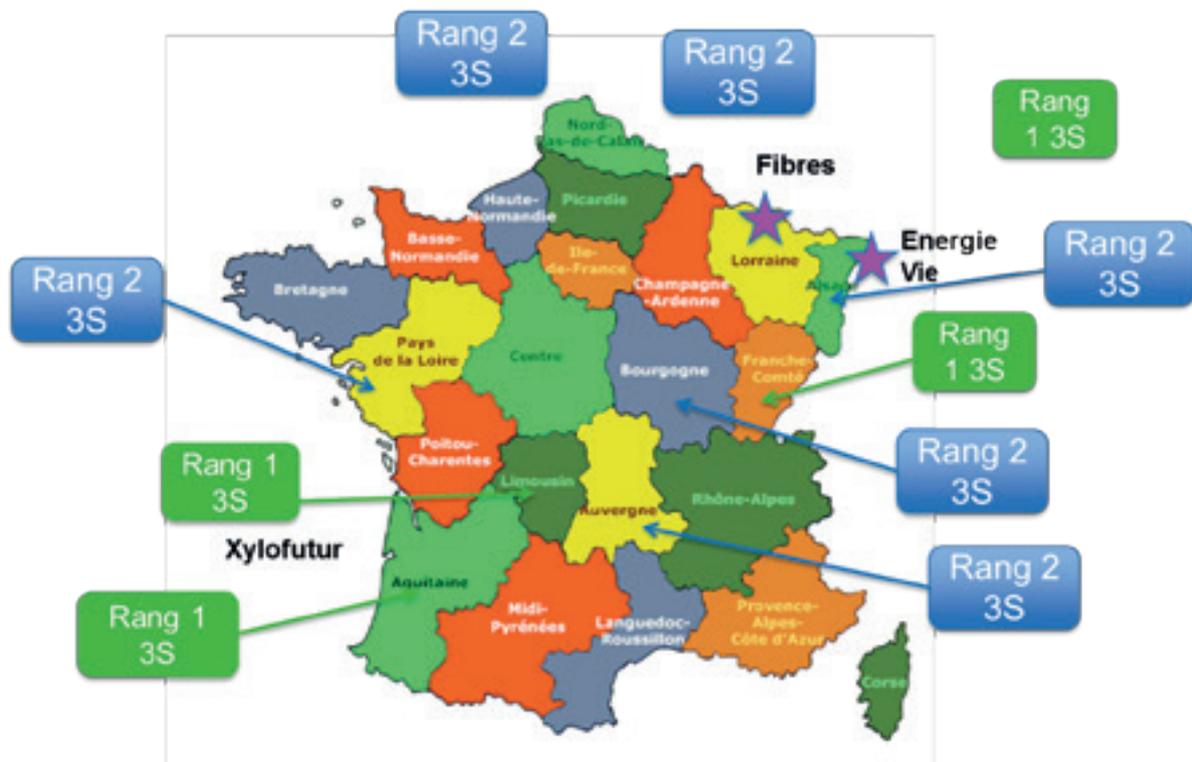
- renforcer la coordination entre les professions amont et aval et faire vivre cette stratégie commune ;
- augmenter encore le soutien aux « outils de la filière » : FCBA, CNDB, CTP, pôles de compétitivité et leurs synergies... au service de cette stratégie.

**Le Plan Bois Nouvelle France Industrielle**

Franck Mathis, Président-Directeur général des Établissements éponymes (5<sup>ème</sup> génération, charpenterie lamellé-collé) copilote avec Dominique Weber (président de l'UNIFA<sup>27</sup>) de ce plan, a montré comment il s'inscrit dans la continuité des actions de filières présentées ci-dessus. Franck Mathis a rappelé les étapes de l'action : amorçage par le président de la République en 2013 de 34 plans,

<sup>26</sup> Comité National pour le Développement du Bois, organisme national pour le développement et la promotion de la filière forêt-bois.

<sup>27</sup> Union Nationale des Industries Françaises de l'Ameublement



travail du Comité de pilotage jusqu'à remise de la feuille de route auprès du ministre alors chargé de l'Industrie, M. Montebourg, en mars 2014 à Epinal. Le lancement de l'association porteuse, ADIVBOIS<sup>28</sup>, est intervenu le 24 novembre 2014 à FCBA. *Le Plan a été confirmé en Mai par le ministre et regroupé avec le Plan ville durable (NDLR).*

L'ambition du Plan est de développer des immeubles de bois de quinze étages demain et de trente après demain. Elle est aussi de susciter des projets « de tous les jours ». L'inspiration est venue de l'analyse de ce qui se passe au-delà de nos frontières (même si des immeubles de R+8 existent déjà en France : le Toit Vosgien à Saint Dié) et l'objectif est à la fois de faire rêver et d'augmenter les débouchés du matériau. L'idée de base est d'associer les techniques du poteau poutre (dont lamellé

collé), du colombage, du lamellé croisé (CLT) en appui des techniques les plus modernes des assemblages et du numérique (BIM)... Ceci suppose des évolutions techniques et réglementaires pour faire des immeubles connus des produits (rôle des partenaires techniques : FCBA, CSTB<sup>29</sup>...). Le Plan intéresse plusieurs régions.

Le Plan a un financement public-privé et comporte 23 actions pour un coût cible de 10 M€. Il s'étale sur 4 ans de 2014 à 2017. Un concours sélectionnera des équipes de MOU, MOE et Entreprises.

A la volonté de Franck Mathis et Dominique Weber, le plan se veut avant tout une œuvre collective.

Au cours du débat à l'Académie plusieurs membres de l'assistance ont fait des suggestions ou posé des questions.

- Le rôle des interprofessions régionales était notamment souligné, l'importance de l'ONF dans le financement de France Bois Forêt et la concurrence internationale (chinois protégeant leur forêt et important nos grumes) comme la compétitivité de nombreux pays concurrents étaient pointées.
- Le regroupement des acteurs professionnels autant que publics était présenté comme une opportunité, et le challenge du reboisement et de la mobilisation du bois à relever sans attendre. « Soit on y arrive dans les 4 ans, soit ça va casser » notait Laurent Denormandie.

<sup>28</sup> Association pour le Développement des Immeubles à Vivre en bois  
<sup>29</sup> Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

• Jean-Paul Lanly a indiqué qu'il avait décidé de faire une donation à l'Académie pour organiser pendant une vingtaine d'années la remise annuelle d'une récompense à une entreprise industrielle de la filière bois nationale sur la base de trois critères : transformation de bois français, accroissement de cette transformation, utilisation de méthodes et procédés de préférence innovants. Le « Trophée Jean-Paul Lanly de l'Académie d'Agriculture de France pour la valorisation du bois français » a un Comité de pilotage composé de Luc Charmasson, Laurent Denormandie, Christian Piquet, Président de l'Association France Bois Régions, Georges-Henri Florentin, la Sous-Directrice de la Forêt et du Bois du ministère de l'agriculture, le Chef du Service de l'Industrie du ministère de l'Economie, Jacques Berlioz, Directeur de « Le bois international » ainsi que Patrick Ollivier, Trésorier perpétuel de l'Académie et lui-même. La remise du Trophée de cette année aura lieu à l'occasion de la séance solennelle le 30 septembre.

En conclusion à cette réunion, il a été souligné quelques points marquants des présentations et des échanges.

### Trois constats peuvent être faits

Après les occasions manquées de l'action bois des années 80 et de la Loi sur l'air en 2000, les planètes de la filière forêt bois semblent de nouveau s'aligner tant au niveau des professionnels, que de l'État et des régions. La demande de bois, matériau bio-sourcé par excellence, s'accroît notamment dans la construction tant au niveau des particuliers que de la maîtrise d'ouvrage sociale (220 per-



Pavillon France à l'exposition universelle de Milan.

sonnes se sont réunies à Bordeaux sur le thème « bois et logement social » mettant en avant le coût global du bâtiment dans le temps plutôt que le seul coût de la construction). Les bonnes volontés et les actions concertées se développent : 50% de la CVO (amont) et 50% de la Taxe affectée (aval) sont désormais mutualisés.

### Deux priorités nationales émergent

Le fonds stratégique doit être amplifié et servir à planter et à récolter plus et mieux pour mettre l'homme et son futur au cœur du système forêt bois, tout en préservant la biodiversité. La ressource, et la valeur ajoutée doivent être conservées prioritairement sur le territoire national (« Comment aller plus loin pour faire gagner l'équipe de France ?») sans angélisme et en respectant les contraintes réglementaires.

### Trois implications possibles se dégagent pour les travaux de l'Académie

Les thèmes des plantations et des

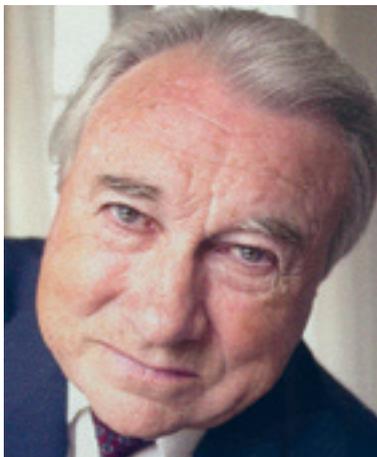
feuillus pourraient faire l'objet chacun d'un colloque organisé par l'Académie.

La mise en avant globale de la multifonctionnalité ne cache-t-elle pas une faiblesse intellectuelle ? L'objectivation de ses coûts et de ses aménités, la « granulométrie » des surfaces concernées, l'acceptabilité de la gestion forestière, les médiations devraient apporter d'utiles précisions aux décideurs nationaux et locaux.

La thématique du carbone (substitution au carbone fossile, stockage du carbone renouvelable) mérite d'être encore travaillée et valorisée.

Le « printemps » 2015, avec l'inauguration à l'exposition universelle de Milan d'un très symbolique pavillon France mettant en avant plus de 1000 m<sup>3</sup> de bois, marquera-t-il le début d'un XXI<sup>ème</sup> siècle bio-sourcé pour notre pays ? L'Académie d'agriculture de France et les acteurs de la filière comptent bien y apporter leur contribution. ■

*En savoir plus sur*  
[www.academie-agriculture.fr](http://www.academie-agriculture.fr)



Léon Guéguen  
Directeur de recherche  
honoraire de l'INRA

## Léon Guéguen

Membre de l'Académie d'agriculture

### Fruits et légumes bio : pas meilleurs pour la santé

**Non, les fruits et légumes bio ne sont pas meilleurs pour la santé ; voilà encore une vérité qui dérange, tant elle est peu perçue par les consommateurs et mal ou pas propagée par les media !**

Et pourtant, plusieurs revues de synthèse françaises (rapport Afssa en 2003 actualisé par la revue de Guéguen et Pascal en 2010, livre du groupe sur l'agriculture biologique de l'Académie d'Agriculture coordonné par Le Buanec en 2012, rapport de l'INRA en 2013) avaient conclu à une similitude qualitative entre les produits végétaux issus de l'agriculture biologique (AB) et conventionnelle (AC), malgré quelques différences mineures de composition chimique sans impact nutritionnel ou sanitaire significatif dans le cadre du régime alimentaire global : fruits bio plus riches de 10 à 15 % en polyphénols (mais pas en caroténoïdes), céréales bio plus pauvres en protéines, tendances à des teneurs un peu plus élevées en vitamine C dans certains fruits bio et en magnésium et fer dans certains légumes bio, parfois teneurs plus faibles en nitrates dans certains légumes bio, moins de résidus de pesticides de synthèse (interdits) dans les produits bio. Ces faibles différences ont aussi été observées

par d'autres auteurs, surtout pour les polyphénols des fruits, les protéines des céréales et en général les résidus de pesticides de synthèse. Cependant, deux grandes revues systématiques plus complètes, britannique (Dangour *et al.* 2009) et américaine (Smith-Spangler *et al.* 2012) n'ont pas permis de mettre en évidence des différences significatives de composition chimique sauf pour le phosphore dans les légumes (sans intérêt nutritionnel, en situation générale d'excès) et pour l'acidité titrable des fruits. Une autre grande étude expérimentale danoise (Jensen *et al.* 2013) menée sur plusieurs sites deux années successives a montré que, à stade de maturité comparable (facteur de variation le plus important), l'influence de l'année, du lieu de culture et de la variété était beaucoup plus forte que celle du mode de production (AB ou AC).

Dans le but de vérifier (et de contester) les conclusions précédentes considérées comme pas assez favorables aux aliments bio et surtout en



De nombreux rapports ont conclu à une similarité qualitative entre bio et conventionnel.

réaction aux conclusions négatives des deux grandes revues britannique et américaine, une ambitieuse revue systématique avec méta-analyses a été entreprise avec le soutien financier de la Communauté européenne dans le cadre du projet QUALITYLOWINPUTFOOD et publiée en 2014. Ses 18 auteurs sont tous des militants ou sympathisants connus de l'agriculture biologique, notamment ceux du noyau dur de l'université de Newcastle et son leader Carlo Leifert. Les auteurs ne sont donc pas totalement indépendants. Il s'agit ainsi d'une mobilisation européenne bien

concertée pour réagir aux revues de synthèse antérieures.

### UNE ÉTUDE CONTROVERSÉE

Le titre de cette revue est trompeur puisqu'il ne met l'accent que sur trois « avantages » nutritionnels ou sanitaires des fruits et légumes bio, les seuls considérés comme étant significatifs : **Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses.** (M. Baranski et al., *British*

*Journal of Nutrition*, 112, 794-811). Cette étude a été largement reprise par les médias et ses conclusions ont été adoptées par le CNA (Conseil national de l'Alimentation) dans son avis n°74 de 2014 sur « Le bio en France » :

*La méta-analyse de l'Université de Newcastle de 2014 conclut sans ambiguïté que « les cultures issues de l'agriculture biologique et les aliments à base de ces cultures, en moyenne sur différentes régions et différentes saisons de production, comportent sensiblement plus de composés antioxydants et poly-*

*phénoliques potentiellement bénéfiques pour la santé [...] que les produits équivalents issus de l'agriculture conventionnelle.* En fait, une interprétation plus objective de cette étude conduit à des conclusions bien plus nuancées.

La présentation très détaillée et complexe du protocole rend difficile la vérification de sa validité (d'autant plus que tout n'est pas publié dans l'article et qu'il faut aller chercher en ligne des précisions fournies dans un supplément de 89 pages !) et de la crédibilité de la déclaration que la méthodologie utilisée est la meilleure, les autres n'étant pas valables. Il est évident que les conclusions d'une méta-analyse dépendent du choix des critères d'inclusion des données et que l'élargissement de ces critères permet d'augmenter considérablement le nombre de valeurs utilisées et donc la puissance statistique des comparaisons. Mais pourquoi reprocher à Dangour *et al.* d'avoir renoncé à inclure dans leur revue les produits non certifiés AB ? De même, assimiler à l'agriculture biologique des méthodes de production « *low input* » mais non certifiées AB est contestable. Enfin, la grande diversité des facteurs de variation de la composition chimique des plantes (variété, stade de maturité, saison, climat, localisation...) et la grande hétérogénéité des pratiques culturales (plusieurs méthodes pour le Bio et surtout pour le conventionnel allant de l'intensif à l'extensif à intrants faibles ou nuls) ne permet pas souvent d'attribuer d'éventuelles différences au seul mode de production. Les nombreuses sources de biais et la très grande hétérogénéité des données (reconnue par les auteurs) ne permettent pas de remettre ainsi en cause les grandes revues systé-

matiques antérieures, même si des études plus récentes ont permis d'augmenter le nombre de données disponibles.

Cependant, il faut admettre que la présente publication, par le grand nombre d'études prises en compte (343), par la longue liste des substances dosées et par la sophistication de l'interprétation statistique, est actuellement la plus importante. Même si des critiques pourraient être faites sur le choix des critères d'inclusion, il convient d'accepter globalement la validité de l'étude et de n'avoir aucun *a priori* défavorable pour considérer que les résultats présentés sont fiables et que leur interprétation est pertinente et objective. De plus, le grand mérite de cette revue est aussi de présenter des conclusions qui ne devraient pas être suspectées de parti pris contre le bio, comme l'ont été celles de la plupart des revues scientifiques indépendantes antérieures.

En fait, les principales conclusions de cette étude ne sont pas en contradiction majeure avec celles de nos propres publications et sont même plus restrictives puisqu'elles revendiquent que des différences concernant les polyphénols antioxydants des fruits, les protéines et les traces de cadmium des céréales et les résidus de pesticides de synthèse. Pour tous les très nombreux autres constituants analysés les écarts ne sont pas significatifs ou sont sans impact nutritionnel, ce qui, paradoxalement, est encore moins en faveur des produits bio que nos conclusions antérieures. En effet, il n'est plus question des différences souvent alléguées en faveur des produits végétaux AB portant sur la matière sèche et les fibres (avec plutôt tendance ici à moins de fibres en AB), les minéraux et oligoéléments

des légumes et notamment le magnésium et le fer, les vitamines C et E (ici plus faible de 15 % en AB) des fruits, les nitrates de certains légumes...

### QUEL AVANTAGE CHIMIQUE ?

Quant aux seuls « avantages » revendiqués pour trois composants chimiques, voici une autre évaluation de leur impact nutritionnel et sanitaire.

Le cas du **cadmium** est nouveau et particulier. Il ne concerne pas les fruits et légumes mais seulement les céréales. Nous ne disposons pas de données chiffrées sur ce métal lourd indésirable et avons émis l'hypothèse de teneurs plus élevées en AB résultant de l'emploi de phosphates naturels autorisés, non purifiés et beaucoup plus riches en cadmium. Il est vrai qu'en l'absence (possible pendant un certain temps) de toute fertilisation phosphatée, la question ne se pose plus ! Quoi qu'il en soit, faudrait-il encore prouver que ce faible apport de cadmium par les céréales est préjudiciable à la santé...

Pour les **résidus de pesticides de synthèse**, nous avons toujours admis, comme tous les auteurs de revues sur ce sujet, que les produits végétaux (surtout les fruits) obtenus en AB présentent moins souvent et moins de résidus. C'est logique puisqu'ils sont interdits ! Cependant, les enquêtes montrent que les aliments bio ne sont pas à l'abri de contaminations, accidentelles ou volontaires. Dans la présente revue, le pourcentage de produits « positifs » (traces détectées) est de 46 % pour les produits AC (surtout les fruits) mais aussi de 11 % pour les produits AB, ce qui est moins compréhensible. De plus, les enquêtes ne visent que les pesticides de synthèse mais jamais



Des écarts constatés peu significatifs sur les fruits rouges.

les pesticides « naturels » autorisés en AB, notamment le cuivre et plusieurs molécules non dépourvues de toxicité. Il en est de même dans la présente étude qui n'évoque même pas le problème. A noter aussi que la dernière grande enquête de l'Efsa portant sur plus de 70 000 analyses constate que 55 % des produits (conventionnels ou bio) ne présentent pas de traces décelables de pesticides de synthèse et que dans 98 % des échantillons la LMR (limite réglementaire) n'est pas dépassée (à noter que les dépassements de LMR sont surtout constatés sur des produits importés). Ces résultats sont en bon accord avec ceux relevés en France par la DGAL. De plus, sachant que les analyses portent sur les produits bruts entiers (par exemple avec la peau pour les bananes et les oranges), il est évident

que la partie consommable, surtout après lavage et/ou épluchage, ne contient en général que des traces indétectables de molécules indésirables. Dans le cas particulier des cancers, une large étude prospective menée pendant 9 ans sur plus de 600 000 femmes de plus de 50 ans par des épidémiologistes de l'université d'Oxford (Bradbury *et al.*, 2014) a montré que la consommation d'aliments bio n'avait pas d'influence sur l'incidence des cancers communs, ce qui devrait, à cet égard, disculper les traces de résidus de pesticides de synthèse.

Les teneurs plus élevées en **antioxydants** (polyphénols, caroténoïdes, vitamines C et E) sont le principal argument mis en avant dans cette revue mais la présentation de cet

avantage est tronquée. Le résumé ne met l'accent que sur les différences extrêmes constatées (50 à 69 %) en faveur des aliments bio pour quelques flavonoïdes particuliers : flavonols (kaempférol et quercétine des baies rouges, pommes et brocolis), flavanones (agrumes) et anthocyanines (catéchines des baies et fruits rouges). Il omet d'ailleurs de préciser que les grands écarts observés pour les flavanones ne sont pas significatifs, pas plus que les écarts observés pour les flavonols dans les fruits. Il s'abstient aussi de citer les différences bien plus faibles constatées pour les composés phénoliques totaux et surtout l'absence de différence pour les caroténoïdes, dont le lycopène, et les vitamines C et E. Les différences entre AB et AC sont donc bien plus faibles (moins de 20

%) lorsque l'on considère la totalité des composés antioxydants.

### EFFET ANTIOXYDANT LIMITÉ

Il en résulte, ce qui n'est pas non plus signalé dans le résumé, que l'activité antioxydante globale mesurée par trois méthodes ne serait en moyenne que de **17 % supérieure pour les fruits bio**, mais similaire pour les légumes (comprenant pourtant la tomate). Ce constat est en bon accord avec nos conclusions et avec celles de la plupart des autres revues (10 à 15 %), sauf celles de Dangour *et al.* et de Smith-Spangler *et al.* qui ne constatent pas de différences significatives. A noter qu'une autre revue récente de la même équipe de Newcastle (Brandt *et al.* 2011) aboutissait à des teneurs moyennes plus élevées de 12 % en AB pour l'ensemble des métabolites secondaires antioxydants...et osait conclure par une modélisation prédisant une augmentation de l'espérance de vie de 17 jours pour les femmes et de 25 jours pour les hommes consommant un régime bio !

Les auteurs de l'étude mettent donc surtout l'accent sur les seuls composants dont l'effet est considéré comme bénéfique, les phénols et polyphénols à activité antioxydante. La réaction des plantes non protégées par un traitement phytosanitaire à des agressions diverses (insectes, champignons...) les conduit logiquement à synthétiser leurs propres moyens de défense, phénomène

peut-être aussi favorisé par une moindre disponibilité de l'azote. Cependant, elles fabriquent alors aussi d'autres métabolites secondaires dont certains sont toxiques, dont les nombreuses toxines naturelles non examinées dans cette étude.

« L'effet antioxydant bénéfique des fruits et légumes bio doit être relativisé. »

Enfin, doit-on considérer qu'une teneur un peu supérieure en substances antioxydantes est un avantage décisif en matière de santé ? Plusieurs études récentes ont montré que cet avantage au niveau de l'aliment ne se traduit pas, après l'absorption intestinale, par un bénéfice sur le pouvoir antioxydant mesuré dans le sang. De façon plus globale, la revue de Jensen *et al.* (2012) (probablement ignorée des auteurs en 2013), n'a pas permis de mettre en évidence un quelconque effet bénéfique de la consommation d'aliments bio sur plusieurs bio-marqueurs de santé.

Cet effet antioxydant prétendu bénéfique des fruits et légumes peut encore être relativisé par un raisonnement déductif simple (et pourtant jamais évoqué). En effet, la grande enquête française NutriNet-Santé a

montré que l'activité antioxydante du régime alimentaire est attribuable pour environ la moitié aux polyphénols et que ces polyphénols sont surtout apportés en France par le café et le thé (70 %), par le chocolat (10 %) et le vin rouge (7 %), la part revenant aux fruits et légumes ne dépassant pas 10 %. Donc, sachant que le pouvoir antioxydant du régime provient pour environ 50 % des polyphénols et que les fruits ne participent qu'à hauteur de 10 % à cet apport, il est facile d'en déduire que la contribution à l'effet antioxydant global d'un apport supérieur de 20 % en polyphénols par des fruits bio serait inférieure à 1 %. Il n'est donc pas surprenant que les marqueurs sanguins restent muets dans les comparaisons AB / AC du statut antioxydant ! Bien entendu, cela ne remet pas en cause la recommandation de consommer des fruits et des légumes (bio ou pas) dont les effets bénéfiques, attribuables à d'autres facteurs, sont unanimement reconnus.

Puisse ce débat être enfin clos...du moins si les faits constatés et maintenant incontestablement confirmés ne sont pas amplifiés ou déformés par certains militants inconditionnels ou par les media ! ■

*Une version plus complète de cet article sera publiée en octobre prochain dans la revue de l'AFIS (Science et pseudo-sciences)*



Jean-Pierre DECOR  
Président du Conseil  
d'Administration de l'ENSC  
de Montpellier

## Jean-Pierre DECOR

Membre de l'Académie d'agriculture

### Vin et santé : risques et bienfaits

**Le vin, même s'il n'est pas essentiel à la vie comme l'air ou l'eau à l'image du feu ou de l'outil, appartient aux découvertes qui firent se différencier l'homme de l'animal.**

**Comme toutes les grandes œuvres humaines, la découverte du vin est revendiquée par la plupart des civilisations : Les Égyptiens l'attribuent à Osiris, les Arméniens à Noé, les grecs à Dionysos, les romains à Bacchus.**

Les temps ont changé, il n'est plus concevable, aujourd'hui en France, de prôner les vertus d'un breuvage alcoolisé comme le vin selon la loi Evin. Encore faut-il faire la part des choses entre risques et bienfaits.

Le vin peut être considéré comme une drogue si l'on retient que sa consommation excessive génère l'installation d'une dépendance. L'éthanol dont la concentration peut varier de 100 à 150 grammes par litre est un constituant encombrant et controversé, une substance psycho active qui procure du plaisir et de ce fait capable d'engendrer des conduites d'utilisation répétées en quantité importantes.

Vin et santé, est de ce fait, un sujet toujours délicat. En effet, la médecine

s'est longtemps mobilisée pour le traitement et la prévention des complications d'une consommation excessive d'alcool.

#### VIN ET SOCIÉTÉ

Avant d'aborder les aspects santé il faut rappeler sa dimension **hédonique, patrimoniale, sociale culturelle voire religieuse.**

**Réduire le vin à une médecine, fût-elle douce serait injuste.**

**Il est intéressant d'examiner l'évolution de l'image projetée par la consommation de vin.**

On ne saura probablement jamais à quel moment de son histoire l'homme commença à boire du vin. Il y a plus de 5000 ans assurément

Le vin rouge existait déjà du temps des Pharaons. Dans les jarres du



tombeau de Toutankamon, le malvidine-3 glucoside, membre de la famille des anthocyanes a été identifié. Les vignes étaient plantées pour l'élaboration des vins funéraires. Avec la Grèce Antique on a basculé dans le joyeux ; elle a connu les 3 types de vin : blanc, rosé, rouge. Il est omniprésent dans la littérature grecque avec Dionysos et son cortège de ménades et satyres. Le vin est synonyme de fête, d'ivresse et de convivialité il investit le champ des valeurs symboliques.

Avec les **Romains**, Bacchus succède à Dionysos, il est l'objet de fêtes ; les Bacchantes. On lui immolait la pie

parce que le vin délie les langues. Il est parfois nommé Liber parce que le Dieu du vin libère l'esprit de tout souci. Au premier siècle, Pline l'Ancien vantait les vins de Palerme dans la baie de Naples. Ils étaient les préférés d'Auguste ; en particulier celui de Sétia. Déjà Hastépiatre, adepte de la médecine douce en vantait les mérites.

Les Gaulois malheureusement, avant la conquête romaine, ne buvaient pas de vin mais de la bière ou cervoise.

**À partir du IV<sup>ème</sup> siècle** on évolue vers le sacré ; le christianisme concourt au renforcement de la valeur att-

chée au vin en prenant la relève de l'empire romain. Le sacrifice eucharistique chrétien impose d'avoir un vin de qualité pur de tout ajout.

La liturgie de la communion sous les deux espèces, pratiquée jusqu'au XIII<sup>ème</sup>, siècle est aussi un des moteurs de la tradition viticole.

**Le vin prend en plus une valeur symbolique et conforte ses vertus médicales.**

En effet, on s'en sert beaucoup en médecine : pour laver les blessures, au cours d'opérations chirurgicales, et on prépare des remèdes à base de vin.

Le vin est un élément clé du quotidien ; la production est considérable, il y a des vignes partout ! On boit le vin produit près de chez soi car le transport coûte cher.

À la Renaissance, le vin circule par la route, par mer, par fleuves et canaux, en fûts, en barriques... On découvre le vieillissement en tonneaux. Un nouveau type de contenant, la bouteille de verre, est mise en circulation et l'usage du liège réapparaît pour la fabrication des bouchons.

De la vallée de la Loire aux portes de Paris et à l'Île-de-France, le pays se couvre de vignes. Produisant à l'origine un vin de qualité, le vignoble parisien perd, au XVIII<sup>ème</sup> siècle, ses nobles cépages au profit du gamay, qui permet une production abondante mais médiocre. La Champagne donne naissance à un vin qui deviendra bientôt célèbre.

**Dans le Monde**, les Hollandais, après avoir suscité la fabrication des eaux-de-vie dans le sud-ouest de la France (Saintonge et Cognac), se tournent vers l'Espagne puis le Portugal, où ils contribuent à développer le vin dans la région de Porto. Ils installent également des vigneron huguenots émigrés dans la région du Cap sur la route des Indes pour réapprovisionner leurs navires.

En Amérique du Nord, les premiers essais de culture d'une vigne indigène ne sont guère convaincants.

**En France**, le vin se consomme dans de nombreux endroits, dont les tavernes, cabarets et guinguettes populaires qui fleurissent, par exemple, aux portes de Paris pour éviter le paiement des taxes de passage aux barrières de l'octroi. Contrebande et commerce frauduleux s'épanouissent... Lorsqu'en 1789, le

périmètre fiscal de la capitale s'étend de plusieurs kilomètres, entraînant l'annexion de toutes les guinguettes, l'insurrection monte et conduira à la prise de la Bastille.

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, il se produit un double phénomène permettant une large diffusion du vin :

Grâce au chemin de fer, les régions favorables à la viticulture se spécialisent pour alimenter les cités industrielles et les grandes villes avec des wagons foudres favorisant ainsi une consommation de masse. La deuxième évolution est une amélioration de sa qualité grâce notamment aux travaux de Pasteur. Il suscite l'intérêt de nombreux savants. Le grand médecin parisien Claude Bernard, au cours des vendanges dans sa propriété natale à Saint Julien en Beaujolais, fait ses propres études sur la fermentation alcoolique du vin.

Le vin était devenu un enjeu économique et l'un des symboles de la Nation.

Les vendanges constituent un épisode important de la saison agricole et sont le prétexte à de nombreuses fêtes et traditions villageoises.

Le vin était considéré comme une source de calories qui plus est, provoquant de la gaieté et de l'ardeur à l'ouvrage et largement recommandé sur les lieux de travail.

Pasteur lui-même écrivait :

**« Le vin est la plus saine et la plus hygiénique des boissons »**

C'était la conséquence du manque de critères pour déterminer la potabilité microbiologique de l'eau, avec des épidémies de typhoïde ou de choléra récurrentes...

Des formules dithyrambiques fleurissaient comme :

**« Le vin est le lait des vieillards ! »**

En fait cette formule trouve son ori-

gine dans un écrit de Saint Clément d'Alexandrie qui écrivait au III<sup>ème</sup> siècle : « Le vin allumeur des passions de la jeunesse devient peu à peu le lait des vieillards qu'il faut boire avec respect à petites gorgées et sans bruit »

**Dans notre culture, le vin est la boisson par excellence pour accompagner les mets.**

La consommation de vin est un apprentissage progressif du plaisir, et fait souvent partie du rituel de passage de l'enfance à l'âge adulte. Elle met en jeu des notions de partage, de convivialité et de plaisir socialisé, éléments qui, selon des découvertes récentes, contribuent à la santé de notre cerveau par la création de nouveaux neurones tout au long de notre existence ! Le vin devient objet rituel, objet de discours, de plaisir, de connaissance, de culture.

On peut d'ores et déjà signaler que l'acide tartrique, constituant important du vin active la salivation ! Un vin ayant un bon équilibre tannique permet de mieux savourer les aliments, car les tanins nettoient le palais et éliminent les graisses fixées sur les récepteurs gustatifs et fait ressortir le goût

## QUELQUES IDÉES REÇUES

Il convient aussi de s'intéresser aux propriétés sanitaires et d'abord aux idées reçues. **En ce qui concerne les réflexions sur les propriétés sanitaires, elles ne datent pas d'hier.**

Pourquoi avoir attendu si longtemps pour en parler ?

À mon avis, c'est pour une double raison :

- la hantise de la dérive vers l'excès ;
- et la difficulté de mettre en œuvre une méthode expérimentale chez l'homme.

Toutefois, dès l'Antiquité, les vertus thérapeutiques du vin sont reconnues : ainsi la plupart des médicaments que prescrivait Hippocrate sont à base de vin. Il lui attribuait trois grandes propriétés : stomachique, c'est-à-dire propre à rétablir le fonctionnement troublé de l'estomac, évacuant et anesthésiant, bien qu'à cette époque, aucune base scientifique ne le justifiait.

L'ouvrage publié en 1936 par la maison Nicolas sous le titre « **Mon docteur le vin** » est un parfait exemple qui montre que les hommes ont de tous temps, souvent avec exagération, tenté de trouver au vin toutes sortes de vertus. On peut lire dans cet ouvrage, par exemple, que :

« **Les américains ont perdu de leur compétitivité sportive avec la prohibition** »

Malheureusement, cet engouement, sans aucune base scientifique, a mis en évidence le revers de la médaille remettant au goût du jour la déclaration de Paraceste, un alchimiste du Moyen Age :

« **Tout est toxique, rien n'est toxique, c'est la dose qui fait le poison** »

Il a eu pour conséquence le développement de l'alcoolisme et son cortège de drames.

Aujourd'hui encore, l'alcool dépendance reste un problème de société. Des addictologues et l'usage de médicaments tentent de diminuer l'envie irrésistible de boire de certaines personnes. Les espoirs d'une approche thérapeutique, avec des produits comme le baclofène permettent d'avoir une approche moins passionnée de ce problème.

## COMPOSITION CHIMIQUE DU VIN

### Alors qu'en est-il vraiment de la relation entre vin et santé ?

Elle est liée à un certain nombre de molécules qui le compose. La composition du vin est extrêmement complexe. Les différents constituants sont représentés de manière très inégale et le plus grand nombre à l'état de traces ayant un rôle spécifique. Par exemple un traitement tardif à la bouillie bordelaise d'une vigne de Sauvignon peut complètement détruire les notes de buis et bourgeon de cassis par complexation par le cuivre de la molécule de 4-mercapto-4-méthyl-pentan-2-one à l'origine de cet arôme.

Le vin, mieux qu'aucun autre aliment, a fait entrer la chimie et la biochimie dans notre quotidien. Il faut noter en premier lieu que toutes les consommations de boissons alcoolisées n'ont pas les mêmes conséquences bien que le premier facteur à prendre en compte soit l'éthanol, c'est-à-dire le degré alcoolique. **L'éthanol**, l'alcool principal, se situe à une concentration de 10 à 14% dans le vin. Il a un rôle de solubilisant fondamental vis-à-vis de autres constituants. Son effet euphorisant est quasi immédiat en interférant avec les centres de l'humeur.

**Les alcools** constituent une grande famille chimique.

D'autres éléments de cette famille, autre que l'éthanol, sont présents en plus faible quantité avec des effets divers sur le cerveau. Par exemple, le méthanol, présent en très faible quantité dans d'anciens cépages comme le Noa ou le Clinton, a un effet délétère sur le nerf optique. C'est pour cette raison que leur culture a

été abandonnée. Moins dramatique, le Gamay, le cépage majoritaire du Beaujolais, contient des traces d'alcool isoamylique à l'origine de l'arôme de banane sous forme d'acétate. Mais cet alcool agit sur les centres d'équilibre. Il est en cela un bon indicateur qui permet de détecter les premiers signes d'ébriété avec le Gamay. Son effet s'accompagne d'une légère perte d'équilibre. Ne dit-on pas localement :

« **A moi les murs et les piliers, la terre m'abandonne !** »

Plus délicat, par exemple, le 2-phenyl éthanol agit sur le bulbe olfactif en développant un arôme de rose. Le **glycérol**, qui est un polyol, est le troisième constituant du vin après l'eau et l'éthanol. Il apporte au vin le caractère coulant et moelleux. Sa concentration se détermine en observant le verre ; il constitue les larmes, la jambe voire la cuisse de votre vin !

L'autre grande famille de molécules actives est constituée par les dérivés phénoliques que l'on classe en 2 groupes :

- les flavonoïdes ( flavonols comme la quercétine, anthocyanes, tanins catéchiques... ) ;
- et les non-flavonoïdes ( resvératrol, acides hydroxycinnamiques, acides benzoïques ...).

Pour avoir un ordre d'idée, une quantité de 180 ml de vin rouge qui correspond à la moyenne de la consommation quotidienne des français, contient environ 400 mg de composés phénoliques totaux. La même quantité de vin blanc en contient 10 fois moins. Leurs effets sur la santé peuvent être considérés comme favorables. Ceci est essentiellement dû à leurs propriétés **anti-oxydantes**.



Le risque de maladie cardio-vasculaire diminue de 30 à 50 % chez les consommateurs modérés de vin.

Avant d'aborder les aspects santé proprement dits, il est important de mentionner les propriétés digestives associées aux 80/85% d'eau qu'il contient, aux propriétés solubilisantes et émulsifiantes de l'éthanol et à l'acide tartrique en particulier.

### ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

Les relations entre le vin et la santé résultent de nombreuses enquêtes et études épidémiologiques **réalisées au cours des 50 dernières années.**

En ce qui concerne l'éthanol, il existe une grande variabilité de composition et de mode de consommation entre les diverses boissons alcoolisées qui pourraient constituer un biais. Par exemple le vin qui contient envi-

ron 12,5% d'éthanol est consommé principalement au cours des repas, alors que la bière et les spiritueux qui contiennent respectivement environ 4,5% et 40% en volume le sont principalement en dehors.

Parmi les nombreuses études disponibles, deux sont particulièrement importantes :

- l'une dans le Nord-Est de la France, autour de 100 000 personnes pendant 15 ans,
- l'autre au Danemark.

Elles ont porté sur la mortalité cardiovasculaire et par cancer des consommateurs de vin, de bière et de spiritueux.

Concernant la cancérologie, la prudence est de mise dans l'interprétation de ces études. Les résultats ne

sont pas contradictoires mais doivent être nuancés en fonction du type de cancers envisagés et d'autres facteurs plus déterminants.

Selon ces études de Nancy et de Copenhague, le risque relatif de cancer des voies digestives supérieures augmente progressivement avec la consommation d'alcool, quelle que soit la boisson envisagée. Les consommateurs de bière ne présentent pas de risque supérieur à ceux de spiritueux pour une consommation jusqu'à 3 verres par jour alors que pour les mêmes consommations, le vin présente un risque moindre par rapport aux spiritueux de l'ordre de 15 à 20%.

Ceci pourrait être dû à la présence des dérivés polyphénoliques dans le vin.

Selon une étude espagnole, les risques relatifs de cancers oraux augmentent légèrement avec la consommation d'alcool même modérée. Les auteurs concluent tout de même que le risque est plus faible pour le vin que pour les spiritueux.

Par ailleurs, cette augmentation est plus faible lorsque les boissons sont consommées pendant les repas. Une méta-analyse d'une cohorte de 8 études sur les cancers colorectaux montre qu'au-delà de 3 verres par jour les risques augmentent quelle que soit la boisson. Dans l'étude de Copenhague il est intéressant de remarquer que le risque augmenterait de plus en plus faiblement au fur et à mesure que la proportion de vin augmente dans les boissons alcoolisées

En revanche, pour les **maladies cardiovasculaires**, l'ensemble des études sont concordantes.

Le risque diminue, de l'ordre de 30 à 50% chez les consommateurs modérés de vin.

La diminution n'est pas significative chez les consommateurs modérés de spiritueux.

Dans la plupart des études, le risque augmente sensiblement, lorsque la consommation dépasse 3 verres par jour.

Une étude intéressante a porté sur le cas spécifique de l'**hypertension**. Après analyse, il est apparu que la mortalité n'augmentait pas dans les pays méditerranéens avec l'augmentation du cholestérol contrairement aux États Unis. Pour une pression artérielle donnée, le risque de décès est inférieur dans les pays méditerranéens. Il apparaît en réalité inférieur de 23% pour les buveurs exclusifs de vin alors que le risque est plus élevé pour les buveurs d'autres boissons alcoolisées.

En ce qui concerne les maladies cérébrovasculaires, principalement de type ischémique, le risque diminue de 60% pour une consommation de 3 verres par jour.

Enfin de nombreuses études ont été menées sur la maladie d'**Alzheimer et les démences séniles**, aux États Unis, aux Pays Bas et en France. Dans la région de Bordeaux une étude a porté de 1988 à 2003 sur plus de 4134 sujets vivant dans 75 communes de Gironde et de Dordogne. Il apparaît que le risque relatif diminue de l'ordre de 30% chez les buveurs modérés de vin. Cet effet apparaît à partir de 2 verres par jour et est présent jusqu'à 5 verres par jour. Ce résultat est peut être lié à l'hypertension. En effet, deux études randomisées, placebo-contrôlées ont démontré que le traitement de l'hypertension artérielle réduisait le risque d'une bonne partie des démences, mais aussi de la maladie d'Alzheimer

Enfin, d'autres études prenant en compte la mortalité totale qui est en fait le critère le plus important, ont montré que le risque relatif pour ces consommateurs modérés de vin (3 à 5 verres par jour) est situé entre 0,5 et 0,8, c'est-à-dire réduit de 20 ou de 50%. En revanche ce risque relatif augmente pour des consommations supérieures.

**L'effet est donc toujours relatif et dépend de la dose consommée.**

### ÉTUDES BIOCHIMIQUES

**Des études biochimiques ont permis de conforter et d'expliquer ces résultats**

En ce qui concerne le cancer, bien que les études épidémiologiques n'aient pas montré de bénéfice concernant les cancers, les polyphé-

nols contenus dans le vin, par leurs propriétés anti oxydantes, pourraient avoir un effet protecteur comme cela a été montré sur souris et levure.

Il a été prouvé par exemple que l'espérance de vie de souris possédant une greffe de gènes humains carcinogènes augmentait de près du double lorsqu'on leur administrait une alimentation enrichie en polyphénols issus du vin.

Les polyphénols retardent donc le développement des tumeurs.

Enfin il a été démontré que le resvératrol, l'un des polyphénols du vin, permet d'activer le gène SIR2, dit de « longévité » sur un organisme vivant comme la levure et d'augmenter son espérance de vie de près de 80%. Le gène SIR2 code une histone désacétylase. Les histones protégeant les gènes, il n'est point surprenant de constater que le resvératrol réduit la fréquence des débris d'ADN de 60%. Chez l'homme le resvératrol est métabolisé par le foie pour produire des métabolites de glucuronide et sulfate de resvératrol. Il est nécessaire d'étudier les effets antioxydants et anti proliférateurs de ces métabolites

**Les polyphénols font donc partie des molécules susceptibles de préserver l'ADN.**

Par leurs propriétés anti oxydantes, ils pourraient avoir un effet protecteur et être à l'origine des différences observées entre le vin, la bière et les spiritueux

En ce qui concerne l'hypertension des études ont été menées sur des rats alimentés au fructose.

Ces animaux ainsi traités deviennent hypertendus au bout de 3 semaines. Après quelques semaines de consommation de vin leur pression

systolique retrouve un niveau normal. Le poids du cœur a aussi été mesuré car l'hypertension est souvent accompagnée d'hypertrophie cardiaque. Ce poids diminue sensiblement avec la consommation de polyphénols ou d'éthanol. Les meilleurs résultats ont été obtenus lorsque les deux composés sont associés.

Des travaux ont aussi été publiés sur les relations entre l'**athérosclérose** et la consommation de vin. En Californie ont été étudiés les effets des composés phénoliques, comme le resvératrol ou la quercétine, isolés de différents cépages.

Il est apparu que divers types de cépages (Syrah, Merlot, Cabernet, Pinot noir, Grenache) réduisaient l'oxydation de 60 à 80% des LDL, les transporteurs du cholestérol vers les cellules. Ce résultat est très supérieur à celui de la vitamine E et résulterait d'un double effet anti oxydant et vasorelaxant. De même les composés catéchiques purs (monomères, dimères, trimères) extraits de vin, sont jusqu'à 3 fois plus actifs pour inhiber l'oxydation des LDL que la vitamine E à la même concentration.

Tout d'abord, les polyphénols, en protégeant de l'oxydation les LDL, transporteurs du cholestérol vers les cellules, expliquent les effets bénéfiques du vin à doses modérées vis-à-vis de l'athérosclérose. En effet, l'athérosclérose résulte d'une oxydation des transporteurs LDL du cholestérol. Leur oxydation est produite par des espèces oxygénées réactives (ROS) qui sont des produits mineurs de la chaîne respiratoire oxydative. Oxydés, les LDL sont incapables de reconnaître leur récepteur cellulaire ; ils s'agglomèrent sur la surface interne des artères en créant



Les études épidémiologiques sont positives pour une consommation modérée de vin rouge.

des pellicules grasses. Capturés par des macrophages (scavengers), des cellules immunitaires, qui s'engorgent en formant de « grosses bulles mousseuses », les cellules spumeuses.

C'est l'étape initiale du processus inflammatoire qui va aboutir à la formation d'une plaque d'athérome au sein de la paroi artérielle c'est le début de l'athérosclérose. Elle finit par entraîner la sténose (réduction de la lumière de l'artère) ou la thrombose (formation de caillot)

Des expérimentations sur des hamsters ont montré que l'effet maximum sur la plaque d'athérome était obtenu avec l'association éthanol plus polyphénols.

Par ailleurs, des effets vasodilatateurs d'extraits phénoliques de vin ont été observés *in vitro*. Dans un test concernant 16 vins rouges, le contenu total en phénol est très fortement corrélé avec la capacité vasodilatatrice. Dans une autre expérience, un effet du vin a été montré sur la synthèse de l'endothéline<sup>1</sup>. ET-1 est un peptide vasoconstricteur dont la production est un facteur clef dans le développement des maladies vasculaires. Il a été montré que les polyphénols inhibent à 75% la transcription du gène ET-1.

Les défenses anti-oxydantes proviennent de notre système enzymatique (super oxyde dismutases, catalase, glutathion peroxydase ou

transférases) et de notre alimentation, comme les vitamines E ou C, le sélénium. Comme on vient de le voir des composés phénoliques issus des raisins sont parmi les molécules les plus actives. De plus dans le vin, l'association des polyphénols avec l'éthanol et le glycérol augmente leur biodisponibilité donc leur efficacité. C'est une explication du fameux « **French paradox** » découvert par le professeur Serge Renaud qui a eu un retentissement considérable aux États Unis sur la consommation du vin !

Un autre effet anti oxydant est illustré par une étude sur rats rendus diabétiques de type 2 par un traitement à la streptozocine. Il a été montré que le vin rouge réduisait le stress oxydatif dû au diabète et par là même la glycémie de 50%

## « Les composés phénoliques issus des raisins sont parmi les molécules les plus efficaces »

En conclusion, il apparaît que les études épidémiologiques sont confortées d'une manière scientifique par des études biochimiques.

Elles sont positives pour une consommation modérée de vin, prin-

cipalement le vin rouge, et mettent en évidence le facteur le plus important qui est la posologie c'est-à-dire **la dose** !

Toutes les courbes ont une forme en J, bénéfique à dose modérée. Dans tous les cas le vin devient un produit toxique dès qu'on augmente les doses.

Les résultats, pour les analyses épidémiologiques sont très probants. Avant de se les approprier, il est important de prendre en compte les facteurs de confusion possibles pouvant influencer les résultats, tels que l'alimentation, le style de vie ou le statut socio-économique des consommateurs de vin. Il convient également de prendre en compte les modes de consommation qui évoluent fortement de nos jours et diffèrent d'un pays à l'autre.

Dans les conditions de ces études on peut toutefois affirmer que :

**Les consommateurs modérés de vin présentent une plus faible mortalité cardiovasculaire, et une meilleure résistance aux démences séniles.**

Le vin peut ainsi jouer un rôle de nutrition préventive, lorsqu'il est consommé régulièrement avec modération et intégré à l'alimentation.

Les composés phénoliques du raisin et du vin possèdent indéniablement par leur caractère antioxydant des propriétés thérapeutiques. ■

# DOSSIER

## Le sol : un patrimoine à valoriser





**Jacques Berthelin,**  
Ancien Directeur du Centre  
de Pédologie –Biologique et  
du DEA national de Science  
du Sol.

**Avec la participation de :**

**Guilhem Bourrié,** Directeur  
de recherche INRA Paca,  
Géochimie des sols et des  
eaux.

**Michel-Claude Girard,**  
Membre de l'Académie  
d'agriculture de France,  
Professeur émérite  
AgroParisTech, Rédacteur en  
chef de la revue « Science du  
Sol ».

**Suzanne Mériaux,** Membre  
de l'Académie d'agriculture  
de France, ancien Directeur  
scientifique du Secteur milieu  
physique à l'INRA.

**Christian Valentin,** Membre  
correspondant de l'Académie  
d'agriculture de France,  
Directeur adjoint BIOEMCO.

## Jacques Berthelin

Membre de l'Académie d'agriculture

## À quoi servent les sols ?

**L'organisation des constituants minéraux et organiques des sols en systèmes poreux agrégés, et leur fantastique richesse en organismes vivants, leur confèrent des propriétés indispensables au fonctionnement des écosystèmes continentaux et aux activités humaines.**

Les sols pourront-ils assurer la sécurité alimentaire et contribuer à la stabilité climatique à l'horizon 2050, tout en maintenant les fonctions et services qu'ils nous apportent ? Seront-ils un levier d'atténuation du changement climatique comme propose de l'étudier le futur programme de recherche dit « quatre pour mille » ? Celui-ci vise à favoriser le stockage dans les sols du carbone atmosphérique en excès.

### DES SUPPORTS DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE

Les sols permettent de nourrir les hommes, de produire des matériaux et des combustibles. Les progrès de l'agronomie ont apporté des améliorations remarquables de la production végétale depuis le milieu du siècle dernier. Mais l'intensification de l'agriculture présente des risques de dégradations des sols et des eaux. Une préoccupation actuelle porte

sur le maintien de la qualité environnementale et de la productivité des sols pour, en particulier, assurer la sécurité alimentaire et lutter contre les effets du réchauffement climatique. Les pratiques culturales et les modes d'occupation des sols évoluent vers une agriculture durable et ouvrent des portes vers l'agro-écologie et l'intensification écologique. Une meilleure connaissance et utilisation du potentiel biologique des sols offre une voie prometteuse.

### DES ACTEURS MAJEURS DU CYCLE DES EAUX CONTINENTALES

L'eau s'infiltré, s'accumule dans les réseaux poreux des sols, s'y épure, y acquiert ses propriétés et s'écoule pour alimenter les nappes. Les plantes utilisent l'eau des sols et en retournent une part importante à l'atmosphère par évaporation. Une meilleure modélisation et maîtrise



Les plantes utilisent l'eau des sols et en retournent une part importante par évaporation.

du cycle de l'eau est d'autant plus à développer que le changement climatique est là.

### **DES RÉACTEURS BIOCHIMIQUES ET PHYSICO CHIMIQUES EFFICACES**

Les sols stockent, filtrent, tamponnent, transforment des matières minérales et organiques en contribuant aux cycles d'éléments majeurs et en trace (Si, Al, O, C, N, S, P, Fe, Mn, Cu, etc.). Ils jouent un rôle épurateur ou accumulateur vis-à-vis des déchets et résidus qu'ils reçoivent. Si de nombreux processus sont identifiés, les paramètres et interactions

qui créent de nouveaux assemblages et des conditions favorables aux activités des organismes doivent être précisés. C'est également nécessaire pour proposer des indicateurs de qualité et des outils de gestion pertinents et robustes des systèmes sol-plante.

### **DES RÉSERVOIRS ET HABITATS DE LA BIODIVERSITÉ**

Ils renfermeraient 25 % de la biodiversité totale des espèces terrestres avec leurs faunes et communautés microbiennes abondantes et variées mais majoritairement méconnues.

Cette diversité s'explique par la multiplicité et l'hétérogénéité des habitats et des réseaux trophiques. Ces ressources microbiennes et génétiques et leurs modes d'activités doivent être bien définis pour aboutir à une ingénierie écologique, à une intensification écologique, à une agro-écologie robuste et pertinente.

### **DES SUPPORTS DE LA PLUS GRANDE PART DES ACTIVITÉS HUMAINES**

Les sols subissent l'urbanisation qui consomme des sols agricoles et forestiers et peut engendrer des dégradations. Cette artificialisation est une des pressions majeures sur les sols qu'il faut maîtriser tout comme l'utilisation des ressources en matériaux industriels et de construction. Les sites et sols pollués, anciens ou récents, doivent être surveillés, traités ou réhabilités, en fonction des risques établis et des usages envisagés.

### **DES FONCTIONS CULTURELLES OUBLIÉES**

Les sociétés humaines sont attachées à la terre, depuis leur sédentarisation voilà environ 10 000 ans, par une appropriation de l'espace qu'elles expriment à travers de multiples activités. Intégrés dans les paysages (pédo-paysages), les sols, avec leurs ambivalences (source de vie, lieu où on l'enterre, mémoire du passé) sont les socles du monde habitable auquel nous appartenons. Ils sont aussi le réceptacle du passé avec des « archives pédologiques » dont la connaissance fournira des indicateurs des fonctionnements anciens (climats, flores, faunes, apports éoliens, érosions et inondations) et de l'histoire des hommes. ■

## IMPACT DES SOLS SUR LE CLIMAT

Le sol est un réservoir d'énergie (calories ou frigories) en lien avec les fluctuations climatiques (journalières, saisonnières, pluriannuelles, millénaires avec les glaciations). Il induit des inerties thermiques qui modulent les fluctuations du climat par des retards dans le réchauffement ou le refroidissement.

Le sol est un réservoir d'eau, dont les fluctuations dépendent du bilan entre les précipitations et l'ajustement physiologique de la transpiration. L'effet tampon du sol assure la continuité de la fourniture en eau des plantes et reste positif même en conditions saturées, car il favorise le drainage profond utile au bilan des eaux souterraines.

La dynamique hydrique et l'importance de ce réservoir sont fortement dépendantes de l'évolution, au cours des siècles, de la végétation qui s'y développe.

Les sols avec végétation refroidissent par transpiration le climat local ou régional et inversement les sols urbanisés créent des îlots de chaleur. Ces modifications thermiques locales sont beaucoup plus importantes que celles dues au réchauffement climatique actuel.

Le sol est un réservoir minéral et organique qui diminue ou rejette des gaz à effet de serre. Ce bilan en moyenne décennales est à la fois : puits et source de composés à effet de serre (gaz carbonique CO<sub>2</sub>, méthane CH<sub>4</sub>, composés azotés NO<sub>x</sub> et particules organiques et minérales). Le couple sol-végétation-climat conduit à une séquestration du carbone (chimique et biologique) dont le devenir fut très varié au cours des temps géologiques. Le devenir du carbone biologique dépend du climat et des hommes (rôle des pratiques agricoles et forestières et techniques de remédiation et protection). Cependant le flux d'utilisation du carbone fossile représente à terme une grande masse face aux stocks du sol.

**Alain Perrier**

**Membre de l'Académie d'agriculture de France**

## EFFET DU CLIMAT SUR LES SOLS

Le climat est un des facteurs de différenciation des sols ; il conditionne l'intensité des processus de formation, de transformation et d'élaboration de certaines de leurs propriétés. Aussi avec la dynamique de réchauffement climatique, il convient d'analyser le poids des événements rares (grande variabilité dans le temps et l'espace) et celui des tendances régionales : à la fois des précipitations (quantité, distribution saisonnière) et des températures (moyennes, amplitudes).

Avec un climat plus humide et chaud, la transformation des minéraux est plus intense et les sols deviennent plus épais.

Avec l'augmentation progressive de la température des sols, l'activité microbienne augmentera et intensifiera les émissions de gaz à effet de serre (gaz carbonique et méthane) ; en particulier dans les sols gelés (pergélisols) des hautes latitudes et d'altitude, ces changements les rendront potentiellement cultivables.

Aux basses altitudes, l'élévation du niveau de la mer par dilatation thermique de l'eau des océans et la fonte des glaces continentales, entraîne une élévation du niveau de base hydrographique des fleuves et rivières. Cela a pour conséquence un recul des lignes de côte qui conduit à l'extension des sols inondés plus ou moins salinisés, voire anoxiques (sols hydromorphes) et, dans l'ensemble des grands bassins fluviaux où vit la majorité de la population mondiale (Asie, Afrique et Europe), et une migration de populations (1 à 2 milliards).

Les événements extrêmes (orages, moussons, cyclones, tornades), même à peine plus fréquents et plus intenses, amplifieront les remaniements des sols (érosion, alluvionnement et glissements de terrain).

**Fabienne Trolard**  
**INRA Avignon**



**André Neveu,**  
Ancien adjoint au Directeur de  
l'Agriculture et des Collectivités  
locales de la CNCA

## André Neveu

Membre de l'Académie d'agriculture

### Pressions sur les sols : quels enjeux ?

**Le sol est le support de toutes les activités humaines. C'est en particulier celui de l'agriculture, du pastoralisme, de la forêt et de la ville. Mais c'est un support fragile, vivant, formé au cours de milliers d'années, qu'il faut impérativement protéger des sollicitations excessives auxquelles il est soumis.**

#### Avec la participation de :

##### **Pierre Donadieu,**

Membre correspondant de  
l'Académie d'agriculture

##### **et Jean Charles Munch**

Membre de l'Académie  
d'agriculture

#### LES RESSOURCES EN SOL

Sur les 13 000 millions d'hectares de terres émergées (les sols disponibles), les surfaces cultivées couvrent 1533 millions d'hectares, soit seulement 11,8%.

**Depuis 1961, les surfaces cultivées sont en augmentation régulière, mais au rythme très lent de 0,25% par an.** Si cette augmentation

se poursuit ainsi, en 2050 on devrait atteindre 1680 millions d'hectares (soit +8,75%). Dans cette hypothèse, la surface cultivée par habitant continuera cependant de décroître: 0,43 hectare en 1961, 0,22 aujourd'hui et 0,175 en 2050. Pour satisfaire les besoins alimentaires et non alimentaires de 9,5 milliards de personnes en 2050, la pérennité des sols agricoles et l'accroissement de leur capacité productive sont donc des

Surfaces cultivées	1533
Pâturages	3356
Forêts	4039
Autres	4075
<b>TOTAL</b>	<b>13003</b>

Source : FAO 2009

unité : million d'hectares

impératifs absolus. Or la FAO estime que 300 millions d'hectares sont déjà très dégradés.

En fait, la superficie cultivée résulte d'un **équilibre instable** entre l'abandon de terres et les nouvelles mises en culture. Comme le montre le tableau ci-dessus, si l'on s'en tient aux seules surfaces et non à la qualité des terres, le **bilan annuel** est actuellement positif.

Est-il possible d'accroître plus fortement les nouvelles mises en culture ? Certains le pensent ; mais avant de répondre par l'affirmative, il faut s'interroger sur la disponibilité effective de ces nouvelles terres, sur leur qualité très variable et sur le risque d'accélérer ainsi la destruction des grands écosystèmes (forêts, savanes, prairies...). Ces emprises nouvelles constituent aussi des opportunités offertes aux investisseurs nationaux ou internationaux prêts à y créer de très grandes exploitations, souvent aux dépens des anciens occupants, cultivateurs ou éleveurs nomades.

Les causes de la **dégradation des sols agricoles** sont nombreuses. Si l'on ne peut ignorer les premiers effets du réchauffement climatique, ce sont le plus souvent des pratiques culturales inadaptées qui réduisent la qualité des sols: irrigation mal conduite, monoculture, labour dans le sens de la pente, etc. L'agriculture est aussi source de pollutions diffuses des sols et des eaux en raison d'excès d'engrais, de pesticides et parfois de métaux lourds.

Certaines zones autrefois cultivées sont peu à peu laissées en friche : c'est le cas de parcelles trop pentues ou trop exigües devenues impropres à la mécanisation. Dans les régions

Nouvelles surfaces mises en culture : 12 millions d'hectares
Surfaces devenues impropres à la culture: -6 millions d'hectares
Prélèvements pour les activités non agricoles : -2,5 millions d'hectares
Solde : +3,5 millions d'hectares

*Source : estimation à partir du livre de Daniel Nahon " Sauvons l'agriculture ! " Odile Jacob, 2012.*

urbaines, les propriétaires renoncent à exploiter ou à louer leurs terres dans l'espoir d'une plus-value foncière à brève échéance.

Car les sols agricoles sont amputés, année après année, par **l'urbanisation, les activités industrielles, commerciales ou touristiques et par les emprises des infrastructures de transport**. En outre, ces activités industrielles ou domestiques génèrent des déchets qui polluent les sols et les rendent impropres à l'activité agricole.

### L'ENJEU DE LA PRODUCTIVITÉ DES SOLS

Quelle que soit sa destination, agricole ou non, la production végétale nécessite l'apport de quantités suffisantes de nutriments pour compenser les exportations par les récoltes et les pertes inévitables dues à des processus naturels difficiles à maîtriser. Celles-ci sont trop souvent réduites à des engrais minéraux. Il en résulte une diminution des teneurs en matière organique des sols. Or cette composante constitutive des sols est une condition *sine qua non* pour la formation, le fonctionnement et la stabilité physique et chimique des sols. Le système poreux en dépend, donc le régime hydrique, l'enracinement et le pouvoir tampon du sol. Les organismes vivants, qui sont une composante indispensable pour de nom-

breuses fonctions écologiques, ne peuvent plus jouer leur rôle.

Il en résulte une diminution de la productivité des sols, de leur stabilité et un risque de réduction de l'épaisseur de leur partie superficielle due à l'érosion. Enfin, des irrigations mal conduites provoquent dans certains cas leur salinisation.

Les modes de culture qui dégradent les sols agricoles sont surtout des rotations trop simples, voire des monocultures, qui diminuent le taux de matière organique. Mais le travail du sol, les récoltes et leur transport par mauvais temps ou à l'aide d'engins trop lourds détruisant la structure des sols et les compactant, constituant également des obstacles à l'infiltration de l'eau et à l'enracinement.

Les productions végétales sont visées par une abondante réglementation, sur l'emploi des pesticides notamment. Elle est destinée à la protection des eaux, des consommateurs et des usagers de l'espace. En revanche, les sols ne font pas encore l'objet de dispositions réglementaires de cette nature.

**Or il faudrait prendre en considération dans le calcul des coûts de production, la conservation et l'amélioration de la productivité des sols ainsi que la protection contre leur dégradation** par l'érosion ou le compactage par exemple.

Les prix agricoles et alimentaires ainsi que ceux du bois devraient intégrer les coûts de la conservation de ce bien commun. Car celui-ci ne sert pas uniquement à la production mais contribue à l'équilibre environnemental et sociétal des territoires avec des fonctions complémentaires invisibles et non remplaçables comme les services écosystémiques.

Les nouvelles pratiques (agriculture de précision) devraient prendre en compte l'état actuel des sols et des plantes qui sont aussi fonction de conditions météorologiques non prévisibles. À cet effet, les parcelles devraient être regroupées pour constituer des unités techniques plus homogènes. Les méthodes bien connues de gestion permettent des rendements plus élevés avec moins d'intrants. Les pratiques agro-écologiques (cultures sans labour et cultures sous label biologique notamment) ouvrent également de nouveaux horizons.

Les agriculteurs sont de plus en plus incités par les pouvoirs publics à mettre en œuvre ces nouvelles pratiques. De leur côté, les consommateurs doivent être informés de la vraie valeur de leur nourriture et des évolutions en cours des régimes alimentaires. Il devrait en résulter une réduction des gaspillages alimentaires et une conscience collective accrue à travers le monde de la nécessité de protection du capital sol.

### VERS UNE POLITIQUE DE GESTION TERRITORIALE DES SOLS

La régression de la qualité des sols, dommageable à la satisfaction des besoins humains, peut-elle être ralentie, voire stoppée ?

Une des causes de cette régression résulte du profit que les propriétaires peuvent tirer de la vente de leurs terres ou de leurs forêts en vue de les urbaniser. La plus-value ainsi réalisée, ou seulement espérée, conduit à une augmentation générale des prix du foncier au détriment des exploitants et des consommateurs.

L'environnement sociétal et politique est en effet défavorable à la conservation des surfaces et des qualités des sols, dans la mesure où il n'y a pratiquement jamais de réglementation les concernant directement. Car le droit des sols est surtout celui du *droit de propriété privée ou publique*. Le sol n'est malheureusement pas encore considéré comme un « bien commun » (comme l'air ou l'eau). Cela peut expliquer l'abandon d'un projet de directive européenne sur les sols du fait de l'opposition de certains États.

En revanche, une autre politique publique pourrait être favorable à la préservation des sols productifs. Il faudrait pour cela qu'une **planification publique de l'utilisation des sols** encadre, de manière efficace, leur gestion, notamment dans les régions urbaines ou périurbaines, ce que l'on commence à observer ici et là. Il faudrait aussi que des acteurs territoriaux, publics ou privés, relaient le législateur et fassent valoir l'intérêt de conserver tel ou tel type de sols pour des usages marchands ou non marchands. Par ailleurs il existe des possibilités techniques (hydroponie et aquaponie par exemple) pour accroître très partiellement la production locale et dépendre moins des sols « naturels ».

Si, dans chaque pays, l'on veut renforcer et homogénéiser le dispositif juridique trop faible de protection

des sols, il faudrait au préalable que la loi adopte une définition réglementaire des sols. Il faudrait ensuite donner une valeur monétaire aux services environnementaux, sociaux et culturels qu'ils procurent. Mais qui, en cas de dommages, demandera réparation et comment ? Et avec quels fonds si le principe du pollueur-payeur ne suffit pas, comme aujourd'hui ?

### DEUX PROPOSITIONS POURRAIENT ÊTRE ENVISAGÉES:

On peut imaginer de **dissocier le droit de propriété du sol des droits d'usage**. Ceux-ci deviendraient inappropriables, car pris en charge par une gouvernance territoriale des sols. Dans ces conditions, cette dernière ferait de leur surface et de leurs qualités un commun inaliénable pour les titulaires des droits d'usage. Cette coproduction sociétale d'intérêt général pourrait être un complément au seul et incertain produit d'une législation dédiée.

Quel que soit le statut juridique des sols et des services qu'ils procurent, il faudrait faire reconnaître par la loi, **l'agir commun des acteurs du sol** (État, collectivités, propriétaires, locataires, élus, usagers, habitants) comme sources de droits multiples et de règles locales de la construction du commun (accès, contrôle, etc.).

Dans ces conditions, les alternatives à l'appauvrissement, à la stérilisation et à la raréfaction des sols pourront être discutées, au vu des enjeux des services économiques et écosystémiques apportés par les sols non construits. Ainsi le sort des sols cultivés pourrait-il relever d'une responsabilité partagée par les acteurs territoriaux et les habitants concernés ■



**Jacques Berthelin**, Ancien Directeur du Centre de Pédologie –Biologique et du DEA national de Science du Sol.

**Jean-Charles Munch**, Professeur Soil Ecology, Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), D-85764 Neuherberg.

## Jacques Berthelin et Jean-Charles Munch

Membres de l'Académie d'agriculture

### Vers une nouvelle ingénierie écologique des sols

**La vie s'est installée, sous forme bactérienne dans les océans voilà 3,5 milliards d'années, mais a commencé à coloniser les continents, 700 à 800 millions d'années plus tard. Elle s'y est développée avec des formes algaires, fongiques, amibiennes il y a un peu plus d'un milliard d'années pour enfin, avec la diversification des plantes, voilà environ 400 millions d'années et les premiers petits animaux, contribuer à former des environnements pédoclimatiques.**

Cette vie d'abord microbienne puis associée aux plantes et à la vie animale a mis en place des stratégies énergétiques et nutritionnelles très variées contrôlant les cycles biogéochimiques (carbone, azote, soufre, fer, etc.) et le cycle de l'eau. Ainsi, les microorganismes contrôlent ou interviennent significativement à toutes les étapes de transformation du carbone et de l'azote, depuis les états les plus oxydés (CO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> aux états les plus réduits CH<sub>4</sub> et NH<sub>4</sub>) en contribuant à la formation, transformation et dégradation des composés organiques. Leurs capacités à intervenir dans tous les milieux, même extrêmes, est fantastique.

#### LES ORGANISMES DES SOLS : UNE RICHESSE ET UNE RESSOURCE FANTASTIQUE.

Les sols renferment 25 % de la bio-

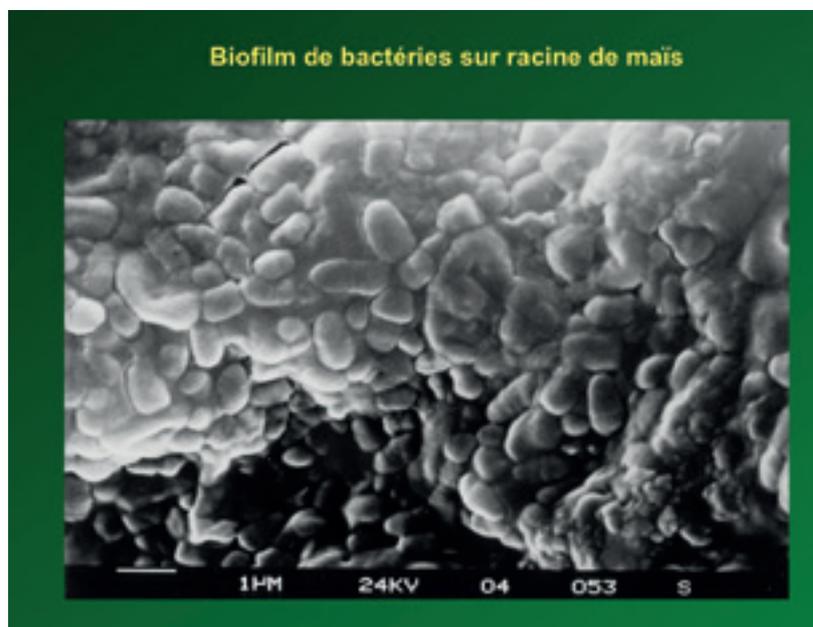
diversité globale des espèces terrestres, mais de nombreux organismes restent à identifier. S'y trouvent les principaux groupes de microorganismes : bactéries, *archaea*, champignons, algues, protozoaires dont la biomasse totale moyenne atteint 5 t/ha. La faune y est abondante (1 à 5 t/ha) et diversifiée avec, dans divers types de sols, jusqu'à 1000 espèces d'invertébrés par m<sup>2</sup>. Elle comprend une microfaune (e. g. nématodes), une méso faune (e. g. acariens, collemboles, enchytréides), une macro et mégafaune (e. g. coléoptères, mollusques, oligochètes...rongeurs...). Les plantes (dont la biomasse moyenne des racines est d'environ 6 t/ha) s'ancrent aux sols pour croître et y réintroduire des matières organiques et des éléments minéraux nécessaires à la vie du sol.

Les communautés d'organismes des

sols diffèrent plus ou moins selon les types de sols et selon leurs usages et modes d'occupation. Elles présentent des hétérogénéités de structure, des variabilités temporelles, spatiales et fonctionnelles liées aux conditions environnementales. Certaines zones des sols, comme la rhizosphère, les litières, les turricules des vers de terre ... constituent des endroits d'échanges et d'activités biochimiques intenses (*hot spots* d'activités). Dans d'autres zones, que l'on peut qualifier de confinées, les microorganismes sont à l'état de dormance, mais redeviennent actifs si les conditions deviennent favorables à leur croissance.

### LES SOLS RÉSERVOIRS À MICROORGANISMES AUX ACTIVITÉS ET APPLICATIONS MULTIPLES, SYSTÈMES MULTIFONCTIONNELS AVEC LEURS RÉSERVOIRS DE GÈNES.

Les sols sont de véritables réservoirs à microorganismes dont l'abondance, l'ubiquité, la diversité, la multiplicité des modes de fonctionnement sont d'une grande richesse (1 à 10 milliards de bactéries et archéobactéries et 100 000 espèces par g de sol dans les zones actives). Cette richesse et diversité des microorganismes des sols leur permet d'occuper l'ensemble des milieux, même extrêmes, en manifestant des activités impliquées dans de très nombreux processus chimiques, biogéochimiques et écologiques essentiels à la vie terrestre et aux activités humaines. Les microorganismes sont des acteurs clés du fonctionnement des cycles biogéochimiques d'éléments majeurs et en traces : O, C, N, P, S, Fe, Mn, Cu, ... dont ils régulent totalement ou déterminent certaines

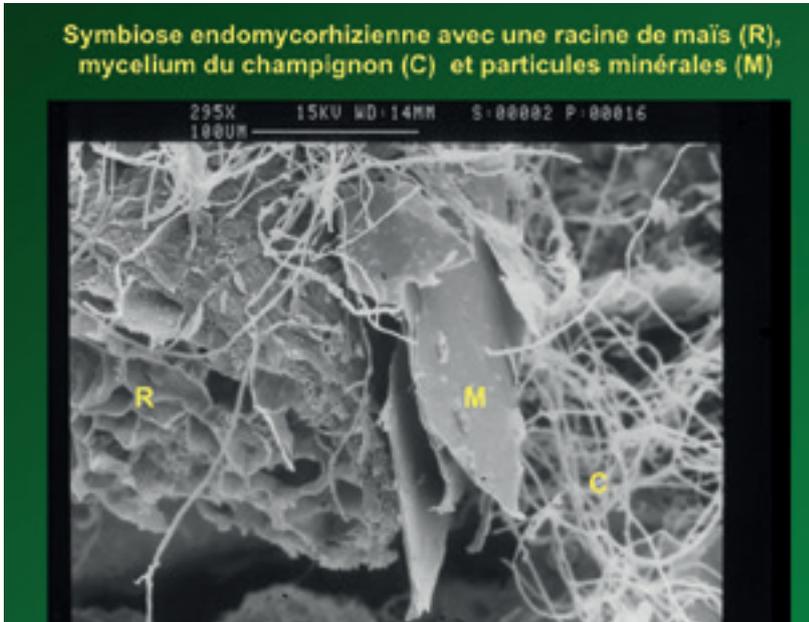


étapes. Pour des éléments comme Si ou Al, leurs interventions sont moins spécifiques et plus indirectes (action des produits du métabolisme). Sans eux, la biodégradation et la minéralisation des matières organiques et la production de nutriments pour les plantes seraient bloquées. Ce sont, en fonction des conditions environnementales, des acteurs majeurs de la production, mais aussi de l'élimination des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) et du stockage et déstockage des matières humiques et de l'ensemble des constituants organiques des sols. Ce sont les agents de la production des formes assimilables de l'azote, du phosphore, du soufre, du fer... et de la libération d'éléments nutritifs majeurs (K, Ca, Mg) et en traces (Cu, Zn, Co, Mn, etc.). Ils altèrent et transforment les minéraux, et solubilisent, déposent, concentrent des métaux et non métaux (Fe, Mn, U, Hg, Cr, Se, As, etc.). Ils forment des associations bénéfiques (ou antagonistes ou parasitaires) avec les plantes, la faune du sol : associations rhizosphériques symbiotiques (e. g. mycorhizes, nodules fixateurs

d'azote) ou non symbiotiques (fixation d'azote, production de substances de type hormonal, etc.) améliorant la nutrition et la croissance végétale. Leurs associations peuvent être synergiques avec les divers animaux du sol : lombrics, termites, collemboles favorisant la minéralisation et l'humification des matières organiques, la structure du sol.... Certains sont des partenaires de stimulation ou inhibition de la croissance, de la dynamique et de l'installation de communautés végétales, du développement ou inhibition de pathologies végétales (e. g. PGPR i. e. Plant Growth Promoting Rhizobacteria). Ils sont acteurs de la qualité des eaux, « épurateurs et agents de remédiation » de sites pollués, de déchets, agents d'extraction de métaux.

De nombreux processus sont relativement bien identifiés, mais les conditions de leur activité sont peu ou mal définies. Certaines applications sont relativement bien maîtrisées comme l'effet bénéfique de la mycorhization sur la reprise de plants en pépinières ou dans certaines plantations, la bio-

Symbiose endomycorhizienne avec une racine de maïs (R), mycelium du champignon (C) et particules minérales (M)



dégradation de polluants organiques dans des conditions relativement simples et bien définies de contamination et de milieu. En revanche, d'autres effets restent très aléatoires car en situation où les paramètres qui déterminent les processus sont peu ou pas connus et insuffisamment maîtrisés. Enfin, plusieurs processus peuvent avoir, selon les objectifs visés, des effets délétères ou des usages bénéfiques..

#### QUESTIONNEMENTS ET PERSPECTIVES PROMETTEUSES

Si les principaux processus microbiens sont relativement bien connus, les relations structures-fonctions-modes d'expression et conditions d'activités des communautés et populations ne le sont pas nécessairement. De même la micro et la méso faune sont loin d'être bien connues. Les relations plantes – microorganismes –sols sont aussi encore mystérieuses même si des progrès considérables ont été obtenus pour les

symbioses mycorhiziennes et fixatrices d'azote (facteurs MYC et NOD, signaux organismes-organismes...). Les méthodes d'analyses moléculaires des acides nucléiques, des protéines, des métabolites produits, c'est à dire les méthodes d'analyses génomiques (ADN), transcriptomiques (ARN), protéomiques (enzymes), métaboliques (substrats, flux, produits) permettent des avancées et ouvrent des voies d'acquisition de connaissances sur les communautés et les populations. Ce sont des « fenêtres et des portes qui s'ouvrent » mais ces approches doivent être associées à la définition des paramètres du milieu ( structure de l'habitat, état hydrique, ressources nutritionnelles) qui déterminent la dynamique et l'activité des communautés et des populations impliquées. La connaissance physique du milieu de vie des organismes (tomographie à nombreuses échelles, sondes radar, Résonance magnétique nucléaire, etc.), permet aujourd'hui, en interactions avec les analyses moléculaires, un regard très précis sur le monde

des micro organismes, de la faune des sols et des systèmes racinaires, en particulier leur diversité d'activités biochimiques et biophysiques, en relation avec les propriétés des milieux. Les valeurs seuils des paramètres qui orientent et déterminent les activités microbiennes comme la disponibilité des substrats énergétiques et des nutriments majeurs et oligoéléments ; les caractéristiques physiques, physicochimiques des milieux (état hydrique, conditions d'oxydo-réduction et acido-basiques) sont à mieux définir pour déterminer les modes et conditions de fonctionnement des sols, pour développer des modèles et une ingénierie écologique. A titre d'exemple, des domaines d'activité de la fixation d'azote, de la dissolution des phosphates insolubles, de la biodégradation de matières organiques, etc. ont déjà été observés depuis longtemps, en fonction de teneurs en azote, en phosphore disponible mais dans des conditions expérimentales contrôlées qu'il faut élargir et valider au champ.

Pour avancer dans leur connaissance, leur gestion et les applications, les zones ou habitats d'activités fortes des organismes (*hot spots*) comme la rhizosphère, les litières et les horizons humifères, les agrégats, les habitats d'animaux (drilosphère et termitosphère respectivement pour les vers de terre et les termites) peuvent être mieux caractérisés. Les interactions entre organismes, les relations prédateurs -proies (e. g. nématodes-bactéries) et celles entre organismes et constituants solides des sols, pour lesquelles de grosses lacunes demeurent, doivent être aussi mieux comprises.

Une interdisciplinarité véritable doit être soutenue pour conduire à l'in-

tégration des paramètres biotiques et abiotiques à différentes échelles d'espace et de temps pour l'acquisition de connaissances fondamentales nouvelles, le développement de modèles et d'une ingénierie écologique ou de biotechnologies de qualité. En fait, il faut veiller au développement d'une écologie microbienne des sols reprenant en compte les paramètres et interactions abiotiques (physiques et chimiques) et biotiques des milieux concernés. L'intégration de la dynamique et des activités de la faune, sauf pour certains organismes « phares » (vers de terre, termites) et quelques organismes dont les fonctions émergent plus significativement (nématodes, collemboles, enchytréides), paraît beaucoup moins immédiate.

### DES APPLICATIONS À ENVISAGER ET DES ACTIONS À ENGAGER

Le développement d'une agriculture durable fondée sur l'intensification écologique et /ou diverses approches agro-écologiques nécessite de comprendre le fonctionnement des sols pour utiliser leur potentiel génétique immense. Ceci impose de définir les « forces motrices » du milieu que sont les paramètres physiques, physico-chimiques et chimiques qui contrôlent les activités biochimiques.

Une priorité est à donner aux fonctions qui soutiennent la conservation des sols et la croissance des plantes avec des besoins réduits ou au moins ajustés et contrôlés en fertilisants minéraux et produits phytosanitaires. Ces démarches doivent être associées aux modes d'occupation et de travail des sols.

Les fonctions à prendre en compte dans les sols agricoles mais aussi

forestiers concernent : la disponibilité et mobilisation d'éléments nutritifs pour les plantes, soit par la minéralisation de matières organiques au moment requis, soit par dissolution de minéraux (régulation des flux d'azote liés à la biodégradation des matières organiques, mobilisation du phosphore par des bactéries rhizosphériques et par des mycorhizes) ; les conditions d'expression efficace des symbioses fongiques (mycorhizes) ou bactériennes (fixatrices d'azote) ; l'activation et expression de gènes de microorganismes rhizosphériques pour leurs effets bénéfiques aux plantes (PGPR) (croissance racinaire, nutrition minérale, lutte contre les pathogènes...) ; les voies métaboliques de formation de matières humiques qui structurent et stabilisent le sol... ; la dégradation de polluants d'apports chroniques ou accidentels et des produits phytosanitaires ou de produits à effet allélopathique.

« Il importe que les modes de fonctionnement des sols soient mieux établis. »

Les plantes sont concernées bien sûr par leurs apports de matières organiques et leurs relations avec les microorganismes déjà évoquées mais aussi par : le rôle bénéfique que peuvent avoir des cultures associées (e. g. légumineuses-graminées) ; leurs capacités plus ou moins spécifiques à mobiliser les nutriments ; leur implication comme agent de remédiation et de stabilisation, associée ou non aux microorganismes, pour dépolluer ou limiter les dangers liés aux élé-

ments traces métalliques et aux polluants organiques.

Une très bonne connaissance du couplage des cycles biogéochimiques et des conditions de minéralisation de C, N, S, P, conduirait à un meilleur contrôle des émissions de gaz à effet de serre, de la nutrition végétale et de la qualité des eaux.

Ces approches inter et pluridisciplinaires aideront à la définition d'indicateurs pertinents et robustes de qualité des sols, fondés sur la connaissance des paramètres qui contrôlent les interactions bio-physico-chimiques des systèmes sol-plante et les grandes fonctions des sols (cycles des éléments, cycle et qualité de l'eau, fertilité et production végétale). Il importe donc que les modes de fonctionnement des sols soient mieux établis en précisant le rôle clé des communautés microbiennes et des paramètres qui contrôlent leurs activités nécessaires au « bon » fonctionnement des systèmes sol-plante. Ces paramètres doivent être établis pour les conditions pédoclimatiques du milieu étudié et à gérer. Les résultats doivent aboutir à une ingénierie écologique efficace et à des biotechnologies environnementales robustes. Les sols et les systèmes sols-plantes pourraient être considérés comme des réacteurs biophysicochimiques dont les paramètres de fonctionnement, significatifs et hiérarchisés, permettraient d'établir, à l'aide de facteurs d'ajustement, régulateurs des activités biochimiques (conditions pédoclimatiques, modes d'occupation, apports organiques, travail du sol et traitements), des modèles fonctionnels et prévisionnels utilisables pour leur gestion. Les outils et les démarches biologiques, physiques et chimiques sont à croiser. ■



**Christine King,**  
Responsable scientifique de programmes, et co-responsable du Defi 1 « gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique », département EERB Environnement, Ecosystèmes et Ressources Biologiques, ANR

**Avec la participation de :**  
M.C. Girard, F. Trollard,  
E. Vaujour

## Christine King

Responsable scientifique de programmes

### Gouvernance territoriale et qualité des sols : tout reste à faire

**Toujours perdante dès que survient un conflit d'usage, la gestion durable des sols est-elle une gageure ? Cette question est souvent renforcée par une sensation de menace majeure : que faire pour que l'urbanisation n'envahisse pas tout ? Plus largement, comment mieux prendre en compte les sols dans les situations de conflits d'usage d'un territoire ? Comment mieux les placer dans la vision socio-économique d'ensemble ? Pour quelle décision ? Un usage définitif ou bien faut-il le conditionner à un suivi vérifiant la stabilité des qualités initiales ?**

Pour répondre à ces questions l'Homme, dans sa relation au milieu, a commencé très tôt à se préoccuper de la qualité des sols. Cependant son éloignement progressif de la Nature lui a fait oublier l'importance fondamentale du sol dans nos sociétés. Aujourd'hui, face à la raréfaction des ressources et aux contraintes de plus en plus fortes sur son espace de vie, la notion de qualité des sols tente de se refaire une place dans la gouvernance territoriale.

#### ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA NOTION DE QUALITÉ DES SOLS

La notion de qualité est fonction de l'utilisation d'un sol envisagée, for-

cément diverse selon les projets de l'Homme.

Lorsque les hommes se sont sédentarisés, les lieux de vie ont été choisis là où les sols permettaient d'obtenir des récoltes suffisantes pour leurs besoins. On retrouve ces lieux à partir des travaux des archéologues et des archéo-pédologues qui examinent l'histoire des climats et des populations selon des approches interdisciplinaires qui exploitent et combinent tous les types d'indices d'évolution des sociétés et d'évolution des sols. Les hommes ont capitalisé l'expérience acquise sur les qualités des sols qui permettaient d'obtenir des rendements satisfaisants pour la culture visée moyennant une quanti-



L'évaluation de la qualité des sols a conduit à la structuration de l'organisation des territoires.

té de travail compatible avec la population disponible. Il en est de même pour les usages fonciers, autres qu'agricoles (e.g. minier) et pour l'installation des zones urbaines et des voies de communication. Évidemment l'expérience acquise leur avait appris aussi que les qualités des sols n'étaient pas les mêmes pour ces diverses utilisations. Construite aussi à partir du savoir acquis à la lecture des paysages, cette évaluation de la qualité des sols a conduit à la structuration et l'organisation des territoires et a permis l'essor des premières civilisations, il y a 10 000 ans.

Plus récemment et avec le développement industriel du 19<sup>ème</sup> siècle, une approche empirique collective s'est développée souvent devant la

nécessité d'aboutir à un consensus. En France, c'est le cas du remembrement, qui s'est particulièrement intensifié avec les lois de 1941 et surtout de 1954 et 1967. De manière concomitante, par le développement de la chimie agricole, des analyses simples et uniques d'éléments nutritifs du sol suffisaient aux agriculteurs pour se faire une idée de la qualité des sols. Ces pratiques ont constitué des éléments majeurs de transformation du foncier jusqu'en 2005. Concrètement, lors d'un remembrement, la commission communale d'aménagement foncier est un lieu de concertation pour opérer des échanges de terres « équivalentes » : les négociations comportent en particulier un classement des terres faites par les agriculteurs. Après 2005, l'aménage-

ment foncier dispose d'une grande diversification et de textes législatifs permettant un élargissement aux forêts, aux voies de communication et aux zones urbaines, mais la qualité des sols n'est plus guère prise en compte.

Dans ce mouvement, la science du sol et une communauté de pédologues se sont aussi développés et ont proposé des critères d'intérêt pour qualifier les sols. La combinaison logique et hiérarchisée, élaborée le plus souvent par dire d'expert, des observations et de mesures a permis d'établir des classifications des sols dont les exemples les plus aboutis sont aujourd'hui celles du WRB et de la FAO. Ces travaux ont donné et donnent toujours lieu à de nom-

breux débats car les typologies proposées sont le plus souvent élaborées en référence à l'aptitude du sol à porter plusieurs cultures identifiées et à des fonctions et caractéristiques précises du sol (e.g. taux d'argile, de limon ou de sable indicatifs de la distribution de la taille des constituants solides du sol...).

### LES VISIONS ACTUELLES SUR LE CONCEPT DE QUALITÉ DES SOLS

L'avancée des connaissances sur le sol a montré que, bien qu'ils soient continus à la surface de la Terre, les sols sont limités en quantité et potentialités et que leurs fonctions et services sont interdépendants. Elle a aussi montré que les sols s'inscrivent dans un paysage<sup>1</sup> dont ils constituent l'une des composantes principales puisqu'ils supportent les activités de l'Homme, l'implantation de la végétation qui y plonge ses racines, et que c'est à travers eux que circulent gaz, eau et une très grande partie des organismes vivants... La qualité des sols peut donc être aussi évaluée par sa typicité ou sa rareté dans un paysage donné.

Cependant le concept de qualité du sol continue d'évoluer. D'abord avec les technologies de l'information récentes et les intérêts liés aux questions sur la biodiversité, ce concept préconise non seulement d'étendre la gamme d'analyses et de mesures de paramètres des sols, mais d'uniformiser, de synthétiser les informations sous forme d'indices de qualité des sols. Actuellement, un certain nombre d'études visent à développer des indices de qualité des sols globaux ou spécifiques. Les plus abouties ont développé un indice construit spécifiquement pour contrôler et orienter

l'utilisation des sols selon leurs caractéristiques et leurs aptitudes.

Les approches quantitatives évaluent la qualité d'un sol sur une échelle numérique continue, soit en construisant des relations empiriques par dire d'expert, soit en élaborant des relations statistiques à partir de larges enquêtes régionales, soit par construction mécanistique à partir des paramètres du milieu et des caractéristiques des cultures.

Les fonctions construites prennent la forme soit de modèles multiplicatifs, soit de modèles additifs ou de combinaisons linéaires. Ces approches concernent plutôt des évaluations plus spécifiques à un risque (e.g. l'érosion), ou à une aptitude à une culture donnée. Elles nécessitent généralement davantage de données que les approches fondées sur les classifications et typologie des sols, et imposent une définition claire des limites d'application de la fonction construite, deux contraintes clés à respecter avant toute généralisation.

La notion de qualité des sols nécessite aussi aujourd'hui de prendre en compte la temporalité et le contexte socio-économique des usages du sol que l'Homme veut planifier (e.g. urbanisation, déforestation, périmètres irrigués...). On fera alors la distinction entre qualité actuelle ou potentielle, qualité intrinsèque et naturelle liées aux caractéristiques propres du sol (e.g. Réserve utile en eau, taux d'argile, qualité relationnelle tenant compte du positionnement du sol à qualifier par rapport aux autres réserves en sols disponibles dans le voisinage, qualité acquise grâce à l'action de l'Homme, comme pour les rizières en terrasses, et par l'usage de techniques comme l'irrigation, le drainage, ou le chaulage)... En raison de la diversité des points de vue et

des contextes, l'utilisation de critères transposés au-delà du contexte où ils ont été établis peut être inadéquate et même avoir des effets négatifs.

La notion de qualité des sols évolue aussi sous l'effet des pressions multi-sectorielles qui s'exercent sur les sols nécessitant des arbitrages et la gestion des ressources qu'ils contiennent. Ainsi sur un territoire où s'expriment des intérêts divergents portés par des acteurs et décideurs de divers horizons, le concept de qualité des sols doit évoluer et être étayé par de nouveaux outils d'analyse qui, tout en étant contextualisés, doivent être plus intégratifs et factuels.

Une autre difficulté est la prise en compte de la dimension économique avec le souci de vouloir donner une valeur monétarisée à des services que rendent les écosystèmes dont le sol est l'un des principales composantes. On distingue ainsi, d'un côté les « **services rendus par les sols** » tels que les services d'approvisionnement (nourriture, fibres, molécules utiles, ressources génétiques...), les services de régulation de l'environnement (climat, cycle de l'eau, cycles biogéochimiques, etc.) et des services immatériels ou culturels (qualité des paysages, chasse et pêche,...) et, d'un autre côté, les « **menaces** », dont l'érosion, l'urbanisation, les contaminations ou la salinisation des sols... Ces notions interviennent encore de façon trop implicite dans

<sup>1</sup> Dans la convention européenne, (chapitre I, article 1 - <http://conventions.coe.int/Treaty/FR/Treaties/Html/176.htm>) il est écrit « définition : « Paysage » désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations ».

le concept de qualité des sols. Il est nécessaire de progresser dans l'identification et la preuve des services rendus par les sols, leur reconnaissance par les parties prenantes de l'usage des sols, et dans une prise en compte plus systématique et méthodique des sols dans les problématiques de changement global.

### AUJOURD'HUI : DES AVANCÉES

Aujourd'hui, dans le cadre de la gestion territoriale et sous la contrainte de la réglementation, l'évaluation de la qualité des terres est nécessaire pour procéder à divers arbitrages (PLU, SCOT...). La démarche de consultation et concertation des populations concernées s'est systématisée. Fondée sur le dire, et donc très empirique, cette démarche collective a produit des avancées. Ainsi une démarche de bonnes pratiques partageable est utile pour des stratégies collectives. L'obligation de prendre en compte la qualité des sols dans les études d'impact va dans le même sens, dans la mesure où elle reste obligatoire.

On utilise maintenant en complément des approches plus factuelles couplées à des représentations spatialisées issues des inventaires cartographiques... Ceci produit des cartes « thématiques » telles que celles sur le risque d'érosion ou le fond géochimique naturel des sols ; cartes qui peuvent être déclinées à tous niveaux : national, régional, local, d'exploitation... Les bases de données publiques ont progressé en qualité et proposent des données cartographiques et géolocalisées qui se développent et s'harmonisent, notamment en Europe sous l'impulsion de la Directive INSPIRE de 2007. Ceci encourage les porteurs d'enjeux

à les prendre en compte. D'autres outils existent tels que ceux fondés sur des jeux d'acteurs pour simuler différents scénarios d'usage des sols et dégager ainsi un consensus.

Dans un souci de surveillance des territoires, des approches métrologiques viennent conforter les méthodes précédentes. Le nouveau cadre de la stratégie nationale de recherche (SNR), met une priorité sur le suivi métrologique environnemental; il a pour ambition de mesurer pour comprendre, surveiller et prévoir. Déjà opérationnel et couvrant la totalité du territoire national, le Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS) propose des Indicateurs analytiques ponctuels systématiques (2200 sites en France sur une maille carrée de 16 km de côté) avec une répétition tous les 10 ans. Il constitue une référence nationale vis-à-vis des propriétés mesurées et représente une forme de « mémoire » des sols français. On dispose ainsi d'un tableau de bord de la qualité des sols permettant aux échelles nationales de réaliser des bilans sur l'état des sols, de caractériser et de cartographier des gradients de valeurs de paramètres du sol, de détecter des évolutions des propriétés du sol... Avec cette base de données, des prédictions géographiques établies à partir de modèles de simulation d'évolution peuvent être validées aux mêmes échelles.

La miniaturisation et le développement des technologies embarquées actuelles permettent de disposer de nouveaux instruments pour passer notamment à des mailles infra-kilométriques non atteintes par le RMQS. Les données observables ainsi obtenues fournissent, moyennant un traitement de l'information, des critères indirects mais spatialement continus

issus soit de la géophysique et de la télédétection (images satellitaires, aériennes ou par drones), soit de grappes de capteurs actifs ou passifs implantés *in situ* (e.g. sonde d'humidité) ou en proximité (proxi-détection), telles que les mesures spectroscopiques dans le domaine du proche infrarouge. Ces possibilités métrologiques vont contribuer à réduire des lacunes de connaissance sur le fonctionnement des sols et leur évolution.

Ce futur va arriver très vite du fait du développement et du déploiement de ces méthodes à tous les niveaux d'organisation des territoires (parcelle, bassin versant, ..., région, nation, continent...), dans une dynamique favorisée à la fois par des capteurs de plus en plus accessibles (abaissement des coûts, miniaturisation, autonomie, fiabilité et robustesse des capteurs) et par une capacité de maîtriser et traiter l'augmentation du flux de données, un potentiel collectif qualifié dans la SNR sous le vocable de « *big data* ».

Ces démarches sont à encourager car elles permettent de mieux prendre en compte le concept de qualité des sols dans sa complexité et sa diversité. Ceci nécessite de développer les voies utiles pour trouver des critères non contestables dans un contexte spatial et temporel donné, en lien avec les nouvelles possibilités d'information et de communication (portails applicatifs sur le WEB, bases de données, outils de calcul et de simulation en *open source*, démarches participatives...), avec les nouvelles technologies de mesure et avec les nouvelles lois sur la biodiversité ou sur les mesures compensatoires.

Notion relative aux usages choisis, la qualité d'un sol renvoie en conclusion

aux intérêts convergents ou divergents qu'un groupe d'acteurs lui porte. Elle concerne une offre de surfaces d'activités à mettre en balance avec des fonctionnalités écologiques et des services écosystémiques au service d'une plus grande résilience des territoires.

Ne pouvant seulement être normée, la gestion durable des sols consiste davantage à trouver les voies et les moyens d'une prise en charge durable au regard d'enjeux stratégiques effectivement partagés dans la gouvernance de l'espace d'un territoire.

De tels processus pluri-acteurs ne sont pas spontanés. Mais la prise de conscience que des besoins fondamentaux comme l'accès à l'eau et la sécurité alimentaire sont largement inféodés aux sols - **un capital non délocalisable et non renouvelable** à l'échelle humaine- peut contribuer à les encourager.

C'est pourquoi, pour que les sols tiennent leur juste place dans les arbitrages à venir à tous les niveaux (local, régional, national, international), il faut poursuivre l'instruction de leur qualité des et de son évaluation dans toute sa complexité et diversité grâce aux avancées technologiques et métrologiques possibles aujourd'hui. Et, en parallèle, il convient d'organiser la rencontre publique des acteurs et usagers des sols, pour reconnaître les intérêts légitimes de chacun et développer des modes démocratiques de prises de décisions partagées.

Il n'y aura pas de gestion durable des sols sans démarches permanentes d'évaluation permettant de cadrer les débats. Mais il n'y aura pas de politique de gestion durable des sols sans une réelle gouvernance pluri-acteurs de leurs qualités et de leurs usages relatifs. ■



La notion de qualité des sols évolue sous l'effet de pressions multi-sectorielles.

## Amendements minéraux basiques : préserver le sol et nourrir les plantes



### Rencontre avec Olivier Peltier Responsable Agronomie & Stewardship

2015, année internationale des sols, nous engage à redécouvrir les grandes fonctions du sol et replace le raisonnement Agronomique sur le devant de la scène. Nous nous inscrivons dans une période de réelle mutation caractérisée par un passage du tout chimique à une vision agro-écologique de l'Agriculture.

Cette nouvelle Agriculture s'attache notamment à protéger la vie des sols, maintenir voire augmenter les rendements en limitant les intrants non renouvelables et améliorer les qualités nutritionnelles des productions. Elle doit ainsi garantir la sécurité alimentaire tout en préservant sur le long terme l'environnement.

Produire plus avec moins d'intrants, conduit l'agriculteur à un besoin accru de technicité, qu'il convient de satisfaire en l'accompagnant dans ses choix techniques et économiques. C'est ce que fait Lhoist Agriculture au quotidien avec ses 80 techniciens répartis sur le territoire Français.

Dans cette réflexion globale, l'acidification, au même titre que l'érosion, la battance et la compaction, est identifiée comme l'une des menaces qui pèsent sur nos sols. Acides initialement car formés à partir de roches mères non calcaires, une majorité de nos sols Français voient leur acidification s'amplifier par certaines de nos pratiques culturales et les pluies acides. Produire en quantité et en qualité, développer des systèmes culturaux plus autonomes (avec développement des légumineuses, cultures intermédiaires...), fournir naturellement l'eau et les nutriments indispensables à la croissance des plantes, nous impose de prendre en compte le statut acido-basique du sol et son équilibre calco-magnésien. Les

amendements minéraux basiques, par leur effet sur l'augmentation du pH (effet de la base) et l'apport de calcium (et magnésium) agissent positivement sur :

- Les propriétés physiques du sol : amélioration de la structure, résistance à la battance et aux compactations, moindre lixiviation des nitrates ...
- Leurs propriétés chimiques : augmentation de la biodisponibilité des éléments nutritifs, réduction de la toxicité aluminique et des ETM (éléments traces métalliques) ...
- Leurs propriétés biologiques : développement de la flore microbienne et de l'activité des vers de terre ...

Un objectif de pHeau de 6.5 à 7.5 est généralement nécessaire pour que le fonctionnement du sol soit optimal. Pour satisfaire à cet objectif, il convient d'apporter l'amendement minéral basique le mieux adapté et à une quantité raisonnée (ni trop, ni pas assez).

Les AMB (amendements minéraux basiques) sont caractérisés par leur valeur neutralisante qui exprime un potentiel total théorique d'ions H+ (responsable de l'acidité du sol) que la base peut neutraliser. Cette notion ne tient pas compte de la force de la base associée au calcium (et magnésium) et des conditions de milieu dans lequel est apporté l'amendement (statut acido-basique du sol). Les chaux vives possèdent une base forte, celle-ci au contact du sol s'hydrate : les HOlibérés, caractérisés par une très forte basicité, sont capables de neutraliser rapidement les H+ quel que soit le pH du sol. Pour le carbonate (base CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) nous avons un mode d'action plus complexe dont le proces-

sus dépend davantage des conditions de milieu : plus le sol est proche de la neutralité, moins leur taux de dissolution est important, de même que plus les particules de carbonate sont grossières, moins le taux de dissolution est important.

Tous ces éléments sont repris dans la nouvelle brochure du Groupe SAB du COMIFER « Le chaulage, des bases pour le raisonner »

Pour calculer la quantité d'AMB à apporter, une analyse de terre est indispensable. La quantité sera fonction du delta de pH eau du sol et de l'objectif fixé ainsi que du type de sol. Un logiciel de calcul du Besoin en Base est disponible en ligne sur le site [www.ipa-chaulage.info](http://www.ipa-chaulage.info) pour l'évaluer.

La maîtrise du statut acido-basique est indispensable pour restaurer et maintenir la fertilité globale des sols afin de placer les plantes cultivées dans les meilleures conditions pour qu'elles puissent exprimer leur potentiel. Cette prise en compte de l'équilibre du sol s'inscrit totalement dans une agriculture à la fois productive, respectueuse de l'environnement, raisonnée et durable.

Lhoist Agriculture œuvre au quotidien pour construire cette nouvelle Agriculture.





## RÉPARER LES VIES

Depuis notre première prothèse au Cambodge en 1982 nous continuons de soutenir les populations vulnérabilisées  
*Infrastructures de santé - Haiti 2010*

**HANDICAP  
INTERNATIONAL**



## Agir pour une agriculture pérenne et performante



**Afin de promouvoir une agriculture durable, capable de fournir en qualité et en quantité un accès sécurisé à l'alimentation pour une population mondiale en forte croissance, les entreprises phytopharmaceutiques se mobilisent et innovent. Elles inventent les solutions de demain et diffusent les meilleures pratiques**

**Interview Eugénia Pommaret, Directrice générale de l'UIPP**

### **Auteur et présentation de l'UIPP :**

Eugénia Pommaret, Directrice générale de l'UIPP.

L'Union des Industries de la Protection des Plantes (UIPP) est une association professionnelle regroupant 22 entreprises qui développent et commercialisent des produits phytopharmaceutiques et des solutions de protection des plantes contre les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes.

La défense du secteur agricole français n'est pas seulement un enjeu économique.

C'est un enjeu sociétal qui consiste à garantir l'accès à une alimentation durable qui puisse combiner quantité, qualité et prix abordables.

Afin d'atteindre cet objectif, les systèmes agricoles les plus performants poursuivent leur dynamique d'innovation et coexistent efficacement en préservant la santé de l'homme, les ressources naturelles et la protection de la biodiversité.

À cette absolue nécessité s'ajoutent les enjeux de productivité et de compétitivité, facteurs clés d'une agriculture durable et performante.

La pluralité de l'offre reste capitale pour la dynamique du secteur.

Les entreprises adhérentes de l'UIPP commercialisent plus de 40 % des produits utilisables en agriculture biologique et plus de 50 % des produits de biocontrôle.

Si toutes les techniques de protection des plantes offrent des solutions et des avantages, le recours aux produits phytopharmaceutiques reste indispensable pour préserver les récoltes.

Depuis des décennies, l'UIPP milite pour une utilisation raisonnée et adaptée.

Elle s'engage dans la réduction des impacts des produits depuis leur conception jusqu'à leur utilisation et leur élimination.

Ses entreprises adhérentes proposent une palette variée d'outils et des solutions qui aident les professionnels à les utiliser.

Le progrès joue également un rôle déterminant pour répondre aux enjeux que doit relever l'agriculture d'aujourd'hui.

Les entreprises misent sur l'innovation pour garantir une amélioration continue des molécules sur les volets environnement et santé.

Chaque année, 10 % du chiffre d'affaires sont ainsi investis en R&D.



A close-up, high-angle portrait of a woman's face, focusing on her eyes and nose. She has light-colored eyes and is looking slightly to the right. The background is a soft, warm brown color.

THINK GOOD  
ACT GOOD  
CONNECT  
FOR GOOD  
**BE HORYOU**

[www.Horyou.com](http://www.Horyou.com)

Horyou 

Connect for Good



Jean-François  
Morot-Gaudry,  
Directeur de recherche  
honoraire de l'INRA.

Avec la participation de  
Daniel-Éric Marchand,  
Membre correspondant de  
l'Académie d'agriculture.

Présentation issue des travaux du Groupe de réflexion de l'Académie d'agriculture de France sur les produits biosourcés végétaux (Florent Allais, Bernard Ambolet, Jean-Louis Bernard, Stéphanie Baumberger, Thierry Chardot, Paul Colonna, Jean-Pierre Décor, Xavier Déglise, Michel Girard, Daniel-Eric Marchand, Jean-Claude Pernollet et Pierre-Henri Texier).

## Jean-François Morot-Gaudry

Membre de l'Académie d'agriculture

### La chimie des produits végétaux Questions et perspectives ?

**L'utilisation massive des produits carbonés fossiles, charbon et pétrole, a permis un développement énergétique et chimique (pétrochimie notamment) sans précédent, avec toutefois des bouleversements importants sur l'environnement dont l'humanité n'a pris conscience que récemment.**

Cette consommation à grande échelle de produits carbonés fossiles importés a contribué en particulier à l'émission de gaz à effet de serre GES, CO<sub>2</sub> et méthane, responsables d'un réchauffement du climat dont les effets sur notre environnement sont encore inconnus (perturbations de la flore et de la faune). En outre, face à la croissance de l'ensemble des besoins, les ressources mondiales fossiles telles le charbon, le gaz naturel et surtout le pétrole, continuent à s'épuiser même si le développement récent des gaz et pétroles de roche-mère (produits issus des schistes) amène temporairement sur le marché de la chimie organique des molécules économiquement très compétitives comme le méthane et l'éthane qui conduisent aux principaux composés de la chimie du carbone.

La France possède peu de ressources naturelles en pétrole et en

gaz, et de ce fait le développement des bioproduits, issus de l'agriculture principalement, pourrait constituer un substitut au pétrole, à la fois comme combustible et comme matière première pour l'industrie chimique pouvant fournir des molécules à la chimie, concurrentes de celles de la pétrochimie. Notre pays pourrait ainsi s'affranchir partiellement au moins de sa dépendance énergétique et diminuer ses émissions de gaz à effet de serre suite à la consommation excessive de carbone fossile.

#### LES PRODUITS DE LA BIOMASSE

La France développe une grande activité agricole (SAU de 28 millions d'hectares) et détient un territoire forestier important (16,4 millions d'hectares). La production agricole et forestière est source de matière organique, c'est-à-dire carbonée, importante, appelée biomasse, stock de

## Projet FUTUROL



Le projet FUTUROL destiné à mettre au point et valider un procédé de production d'éthanol par voie biologique, dit de deuxième génération, à partir de la lignocellulose issue de coproduits agricoles, forestiers, de résidus ou de biomasse dédiée, a atteint ses objectifs grâce au pilote construit en 2011 sur le site de la bioraffinerie de Bazancourt-Pomacle près de Reims (Marne).

Fort de ses 11 partenaires\*, le projet a réussi à produire de l'éthanol à prix compétitif, à développer les technologies les plus performantes en matière d'extraction de la cellulose, d'hydrolyse et de fermentation grâce à la sélection d'enzymes et de levures parfaitement adaptées, et à obtenir les meilleurs bilans énergétiques tout en s'inscrivant dans une logique de développement durable sur le long terme, tout au long de la filière.

Ces résultats permettent à FUTUROL d'entrer aujourd'hui en phase d'industrialisation en construisant une unité de traitement de biomasse de 70 t/j (bois, paille, *miscanthus*, etc..) en amont de la sucrerie-distillerie de Bucy-le-Long (Aisne), appartenant à TEREOS, partenaire du projet. En parallèle de cette expérimentation industrielle, le projet entrera à partir de 2016 dans une phase de commercialisation de sa technologie, pilotée par la société Axens, filiale d'IFP-Energies Nouvelles également partenaire.

\*Les partenaires – Recherche : ARD – IFP-Energies nouvelles – INRA – Lesaffre, Industrie : ONF – TEREOS – TOTAL – VIVESCIA, Finance : Crédit-Agricole – CGB (Naples Investissement) – Unigrains

carbone renouvelable formée essentiellement par la capacité qu'ont les plantes à fixer le carbone du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) atmosphérique par photosynthèse. La biomasse peut être aussi définie comme la fraction organique biodégradable des pro-

duits végétaux et animaux, des résidus et sous-produits provenant de l'agriculture, de la pêche, de la sylviculture et des écosystèmes naturels ainsi que des déchets industriels ou ménagers. La production nationale totale de biomasse en France

serait proche de 60 Mtep/an soit 1,4 fois notre consommation de produits pétroliers dans les transports.

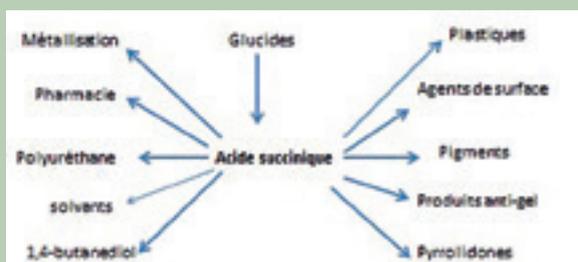
La valorisation de la biomasse donne accès non seulement aux productions alimentaires mais également à une énergie renouvelable (transformation en agrocarburants, gaz, chaleur ou électricité) et à des biomolécules de la chimie végétale. Jusqu'à une époque récente, la biomasse non-alimentaire n'a généralement été utilisée qu'en l'état ou après une transformation simple, sous forme d'amidon, de saccharose, de fibres (lignocellulose), d'huiles (acides gras), de composés phénoliques, de composés du métabolisme secondaire, etc., destinés à des secteurs d'application divers de la chimie organique, des biomatériaux et de la pharmacie par exemple.

On distingue quelques grandes familles biochimiques suivant l'origine des produits de base :

- amidons et sucres simples (céréales, betteraves, pomme de terre, etc.) sont les produits de base à l'origine de l'élaboration de tensioactifs, détergents, solvants, adhésifs, cosmétiques, biopolymères, etc ;
- cellulose, hémicelluloses (paille, bois, etc.) entrent dans la fabrication de : papier, fibres textiles, cellophane, biopolymères, encres, peintures, isolants, mousses, cosmétiques, explosifs, etc ;
- lignines (paroi lignocellulosique des cellules végétales, bois notamment) sont à l'origine d'alcools, phénols, goudrons, biopolymères, antiseptiques, etc ;
- acides gras, huiles (tournesol, colza, soja, lin, etc.) sont à la base de la fabrication de savons, lubrifiants, solvants, tensioactifs, détergents,

## Quelques exemples de synthons ou molécules plateformes, à l'origine des principaux composés de la chimie organique.

**L'acide acrylique** (ou acroléine). L'acide acrylique et ses esters, les acrylates, entrent dans la fabrication de matières plastiques, de peintures « acryliques » et de divers autres composés polyacryliques qui ont de multiples usages (revêtements, colles, adhésifs, etc.). Vue l'importance de cette molécule, le groupe français Arkema travaille sur le développement d'acide acrylique biosourcé en substitution au propylène. D'autres procédés de production d'acide acrylique biosourcé ont été proposés récemment par BASF, Cargill et Novozymes.



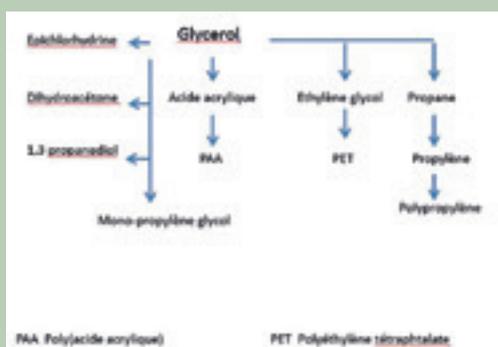
**L'acide succinique.** L'acide succinique est utilisé dans la fabrication des peintures, des encres, des plastiques, le traitement des métaux, etc. Il est très employé dans les cosmétiques et les produits pharmaceutiques. L'acide succinique, correspond à des marchés de niche à haute valeur ajoutée. L'utilisation de matière première biosourcée devrait faire baisser le prix et élargir ainsi le champ d'application de cette molécule. De ce fait, plusieurs industriels français se sont impliqués dans le développement d'acide

succinique par voie biologique (après hydrolyse et fermentation du glucose, de l'amidon et des hémicelluloses), notamment ARD en Champagne-Ardenne et Roquette dans le Nord de la France.

**L'éthanol.** Cette molécule est obtenue après fermentation puis distillation à partir de l'amidon des grains de céréales, du sucre de betterave, etc. (en 2011, la production d'éthanol en France a été de 17,6 millions d'hectolitres). Cet éthanol biosourcé est destiné surtout à un usage de carburants (agrocarburants) et de solvant en chimie, parfumerie, cosmétologie et pharmacie. Le projet Futurol (voir encadré) a permis de mettre au point la production d'éthanol dit de deuxième génération à partir de lignocellulose issue de la biomasse.

**Le butadiène.** Cette molécule est un important réactif utilisé dans la fabrication de vernis, de nylon, de peintures et la synthèse de nombreux polymères dont le caoutchouc. En conséquence de nombreux industriels sont intéressés par les procédés biosourcés pour produire cette molécule. Axens, IFP Energies nouvelles (IFPEN) et Michelin développent des projets de recherche en partenariat en vue de produire du biobutadiène biosourcé. Il en est de même du pétrochimiste italien Versalis (groupe Eni) et de l'Américain Genomatica.

**L'isobutène.** Cette molécule est un intermédiaire de synthèse qui polymérise pour donner du polyisobutène, utilisé comme élastomère et comme additif de lubrifiants. La production d'isobutène s'est fortement accrue dans les années 1990 avec l'augmentation de la demande en méthyl tert-butyl éther (MTBE), utilisé comme solvant et surtout comme additif à l'essence. Le groupe coopératif agroindustriel Cristal Union et la société innovante Global Bioenergies ont décidé d'unir leurs forces dans la co-entreprise IBN-One, pour construire la première usine de conversion de ressources renouvelables en isobutène biosourcé. D'une capacité de 50 000 tonnes par an, elle sera installée en France et entrera en production en 2018.



**Le glycérol** est un coproduit de la fabrication du biodiésel. Il peut être transformé par voie chimique ou biotechnologique en nombreuses molécules d'intérêt. Il est le précurseur par exemple de l'acroléine, du 1,3 propanediol, du monopropylène glycol, du dihydroxyacétone (Soliance, ARD), de l'épichlorhydrine, molécules qui entrent dans la fabrication des résines époxy, etc. Le glycérol est utilisé aussi dans la fabrication de nombreux composés cosmétiques et pharmaceutiques. Le glycérol est considéré en quelque sorte comme l'équivalent d'origine végétale du propylène pour la pétrochimie.

encres, peintures, biopolymères, parfums, etc.

- fibres de lignocellulose (bois, lin, chanvre, etc.) sont employées dans la construction, la fabrication de matériaux composites, des isolants, etc.

Certaines de ces molécules (amidon, cellulose, huiles, etc.) sont d'ailleurs utilisées depuis des centaines d'années en satisfaisant les besoins pour lesquels la pétrochimie n'a pas pu jusqu'à présent mettre sur le marché des produits concurrents, tant en qualité qu'en prix.

La biomasse peut également être convertie par procédés physicochimiques classiques, de fermentation et de conversion enzymatique et micro-biologique, en briques élémentaires de l'industrie chimique, synthons ou molécules plateformes : acide acrylique, acide succinique, butadiène, éthanol, isobutène, glycérol, etc. à l'origine des nombreux composés (biolubrifiants, biosolvants, biotensioactifs, biotensioactifs, bioplastiques, encres, colorants, peintures, vernis, biomatériaux, cosmétiques et produits pharmaceutiques, etc.

La production végétale ne reste ainsi plus exclusivement alimentaire et redevient comme un siècle auparavant un fournisseur de produits destinés à l'alimentation et à l'activité humaine. Ces molécules et ces produits d'origine biologique sont une aubaine à une époque où, sous la pression des contraintes écologiques, les chimistes cherchent à concevoir et promouvoir une chimie dite « verte » qui élabore des produits et met au point des procédés réduisant ou éliminant l'usage et la génération de substances allergisantes voire dangereuses pour la santé et l'environnement.

## DE NOMBREUX VERROUS À DÉBLOQUER

Cette conversion de la pétrochimie à la chimie du végétal n'est toutefois pas simple. De nombreux verrous d'ordre scientifique, technologique et économique, sociétal et environnemental, subsistent encore pour faire de cette chimie biosourcée une industrie à grande échelle et compétitive. Elle doit au préalable résoudre de nombreux problèmes et pas des moindres. Par exemple, à l'inverse du pétrole (produit liquide, facilement manipulable et transportable), la disponibilité de la ressource végétale exploitable, en quantité et en qualité, n'est pas toujours régulière et homogène (dépendance des conditions météorologiques et des territoires par exemple). De plus, l'outil industriel existant, développé et optimisé pour traiter des composés d'origine fossile, n'est pas toujours adapté à une mutation parfois profonde des procédés de fabrication, des filières de recyclage et de maintien de la qualité et des performances des produits élaborés. Les rendements de certains procédés de chimie biosourcée sont encore au stade de la recherche (déconstruction des parois lignocellulosiques par exemple) et l'efficacité industrielle, économique et environnementale de la chimie du végétal reste encore à améliorer, voire à démontrer.

Toutefois, le développement de nouvelles technologies de production et de transformation de la biomasse en produits chimiques utilisables est en progrès constant. Les technologies de fractionnement, de purification et surtout de fermentation et de transformation par les micro-organismes (biotechnologies blanches) se sont améliorées considérablement. Les bio-

technologies blanches par les enzymes et micro-organismes apportent une solution technologique de conversion (biocatalyse) de la biomasse en molécules d'intérêt, élargissant ainsi la palette des molécules issues du vivant. La biocatalyse présente certains avantages : conditions douces de réaction, usage de l'eau comme solvant, activités de catalyse élevée, etc. La mise en œuvre de ces technologies permet de réduire de 20 à 30% les consommations d'énergie par rapport aux produits pétroliers et les émissions de CO<sub>2</sub>, gaz à effet de serre.

Toutes ces technologies sont en perpétuelle évolution et ont fortement bénéficié des nouvelles méthodes de génie chimique et génétique, sans oublier l'appui informatique, pour une profonde évolution qualitative (modifications structurales par exemple). Aujourd'hui, les nouvelles méthodologies d'ingénierie offrent d'énormes possibilités de création à façon de nouvelles enzymes mieux ciblées et plus efficaces (développement de cribles spécifiques, robustes, fiables et à haut débit). Les microorganismes dédiés à la transformation des produits agricoles (éventuellement modifiés génétiquement) apportent une solution technologique de conversion de la matière végétale qui repose sur une alimentation des micro-organismes par des nutriments issus des végétaux. Cette orientation revient à combiner en fait deux usines cellulaires, la plante et le micro-organisme. Les avancées très récentes de la biologie synthétique (approche technologique combinant biologie et principes d'ingénierie dans le but de concevoir et construire de nouveaux systèmes et fonctions biologiques) permettent d'envisager des retombées technologiques inattendues pour la production à façon de nouveaux composés biosourcés.

De même, les biotechnologies vertes ne sont pas en reste. L'ingénierie génétique, métabolique, outils de criblage à haut débit, etc., permettent de sélectionner par voie génétique des plantes pour la production de molécules bien ciblées et accessibles dans des organes facilement récoltables (grains par exemple). L'adaptation de nouvelles plantes (miscanthus, switchgrass, jatropha, jojoba, guayule, etc.), non alimentaires, sélectionnées pour la production de molécules d'intérêt industriel, capables de se développer sur des sols difficiles voire pollués (phyto-rémediation), est également un atout nouveau permettant d'élargir les possibilités de production de denrées non comestibles comportant des fractions biochimiques intéressantes pour la chimie. Rappelons que les progrès génétiques (ingénierie génétique : mutagénèse, transgénèse, hybridation, culture *in vitro*, etc.), associés à l'introduction de nouvelles pratiques agronomiques, ont permis au cours de ces 60 dernières années de tripler voire quintupler les rendements des grandes cultures. Ils devraient encore améliorer la productivité des plantes au cours des années à venir (facteur 2 ou plus !).

## UN SECTEUR PROMETTEUR

La « chimie du végétal ou biosourcée », compatible avec les exigences de la chimie verte, est considérée comme un secteur au tout début de son développement mais qui se montre très prometteur. L'innovation y est importante et apporte des ruptures technologiques, insoupçonnées encore il y a quelques années. Si les coûts de ces bioproduits restent élevés, les marchés, encore modestes certes, sont en forte croissance. L'objectif de la chimie du végétal est

donc d'atteindre le stade d'une efficacité industrielle, économique et respectueuse de l'environnement.

Pour valoriser au mieux les produits d'origine biologique, agricole notamment, les industriels ont imaginé et construit des ensembles industriels, localisés sur un même site, qui transforment la biomasse en produits chimiques d'intérêt. En comparaison avec les raffineries pétrolières, ces installations sont appelées bioraffineries. Elles utilisent la matière première renouvelable, des réactifs éco-compatibles, non ou peu toxiques pour la santé, et remplacent les systèmes stœchiométriques par des procédés biocatalytiques (chimie blanche), ouvrant ainsi un rôle privilégié aux biotechnologies.

Trois types de bioraffineries coexistent actuellement : (i) les bioraffineries territoriales qui traitent des matières premières agricoles ou forestières produites localement ; (ii) les bioraffineries portuaires qui transforment les matières premières importées ; (iii) les bioraffineries environnementales qui valorisent les déchets. Ces nouvelles raffineries du « carbone vert ou renouvelable », nouvellement assimilé par photosynthèse et stocké dans les organes végétaux, entrent dans le

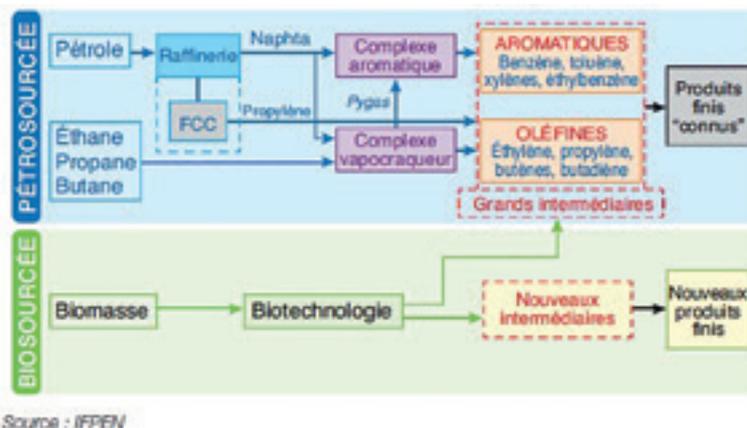
cadre de ce qu'on appelle désormais la « Bio-économie », discipline impliquant des relations entre l'économie et l'écologie.

## PERSPECTIVES POUR LES PRODUITS BIOSOURCÉS

Les problèmes climatiques, la raréfaction des réserves fossiles nous sollicitent fortement à développer dès à présent une agriculture et une sylviculture soutenables, en équilibrant les productions alimentaires et industrielles et en adaptant à ces nouvelles contraintes l'aménagement du territoire. Ce changement de comportement nous amène à quelques réflexions.

**- Les produits biosourcés risquent-ils de compromettre les équilibres satisfaction alimentaire/produits industriels ?**

Le développement du secteur des plantes industrielles va conduire inévitablement à une compétition pour l'usage des terres avec les cultures alimentaires (humaine et/ou animale), l'élevage, le développement urbain et les services écologiques. Cette question est largement débattue actuellement avec beaucoup de



Source : IFPEN

Schéma montrant l'intégration de la chimie biosourcée dans la chimie classique (Panorama IFPEN 2014) Fig 3



La plate-forme d'innovation Bioraffinerie Recherches et Innovations (B.R.I.) est une plate-forme ouverte dans le domaine de la bioraffinerie, et constitue ainsi un centre d'innovation majeur de référence internationale. B.R.I. regroupe les industriels de la bioraffinerie de Bazancourt -Pomacle (Cristal Union, Cristanol, Chamtor, etc.), le centre de recherche ARD, ainsi que les grandes écoles d'ingénieurs françaises que sont l'Ecole Centrale Paris, AgroParisTech et Reims Management School. B.R.I regroupe ainsi tous les acteurs majeurs nécessaires au développement de procédés de fractionnement du végétal, de la biotechnologie et de la chimie du végétal, en partant de la recherche fondamentale (assurée par les écoles d'ingénieurs et l'URCA) jusqu'au prototype pré-industriel (BioDémon).

retentissement dans les media. Dans le contexte français, Claude Roy (2013- Président du Club des Bio-économistes) reste optimiste et estime qu'en France, au cours des années 2050, l'équivalent de 4 à 6 millions d'hectares agricoles et/ou forestiers pourraient être affectés à la production énergétique et aux filières biomatériaux et chimiques du végétal sans conséquences notoires sur la production alimentaire. Ces chiffres sont à comparer avec ceux des exportations agricoles actuelles qui s'élèvent aujourd'hui à la mise en culture de l'équivalent de 6 millions d'hectares. De plus, la modification des habitudes alimentaires (passage d'un régime fortement carné à un régime plus végétal) et la réduction du gaspillage des ressources alimentaires (pouvant représenter jusqu'à 30 à 50% de l'alimentation suivant les pays) permettraient de récupérer des surfaces agricoles vouées à des

cultures industrielles destinées à la chimie. Certaines cultures industrielles rustiques (miscanthus, panic, taillis à courte rotation) peuvent couvrir des terres peu propices aux cultures traditionnelles de plantes vivrières et de ce fait ne pas accaparer des terres agricoles destinées à l'alimentation. **Il faut se souvenir qu'avant l'arrivée de la mécanisation en agriculture, la traction animale immobilisait 15 à 20% au moins des terres !**

**- Quelle sera la compétition entre les prix des produits biosourcés et les produits issus de la pétrochimie.**

Les différents verrous d'ordre scientifique, technique et économique, sont à lever pour rendre concurrentiels les produits biosourcés par rapport aux produits pétroliers. La levée de ces verrous a un coût. De ce fait, les prix de revient des produits bio-

sourcés peuvent être dans certains cas supérieurs à ceux issus des voies pétrochimiques classiques. La chimie biosourcée en est encore à ses débuts et n'est pas encore une industrie à grande échelle, exception faite pour certains produits (éthanol par exemple). Autant de blocages qui expliquent pourquoi il y a actuellement peu de produits biosourcés sur le marché (à peine 1% des matières plastiques est par exemple jusqu'à présent biosourcé). Ces considérations ne concernent toutefois pas les produits à haute valeur ajoutée comme les cosmétiques, parfums et produits pharmaceutiques dont le prix de revient est moins sensible pour ces industries.

Le végétal (produits agricoles, forestiers, déchets organiques, éventuellement algues) est sûrement un, voire le principal, substitut au carbone fossile pour nombre de produits matériaux ou produits chimiques. Cependant, l'émergence de nouveaux systèmes de production durable dans le domaine des produits biosourcés n'échappera pas aux contraintes inhérentes à la création de nouveaux marchés. Cette création (autres que des marchés de niche) ne peut se réaliser sans la mise en place de politiques volontaristes des acteurs institutionnels. Les politiques incitatrices sont souvent dans cette phase initiale un passage obligé, en particulier par la fixation de prix des marchés, permettant une rentabilité initiale des processus de production non concurrentiels. De plus, il n'est pas impossible que le développement des technologies, des filières et des politiques de valorisation de la biomasse puissent entraîner des concurrences d'usages entre ses différents marchés, par exemple bois énergie/bois matériau, agrocarburants/alimentation/ chimie.

Des risques de tensions sur les prix peuvent émerger. Dans ce cas il est nécessaire de veiller à une mobilisation active et au renouvellement des bioressources pour des usages déterminés.

**- La chimie biosourcée va-t-elle permettre de valoriser les coproduits et les déchets agricoles, industriels et urbains (en France, il y aurait 40 millions de tonnes brutes de déchets organiques urbains et industriels, agroalimentaires notamment) ?**

La valorisation des coproduits des filières alimentaires (tourteaux notamment) apporte un gain incontestable à l'économie verte. Par exemple, le colza après trituration permet d'obtenir de l'huile et des tourteaux de qualité et le blé, transformé en éthanol, donne des drèches pour l'alimentation animale et du CO<sub>2</sub> utilisé pour les boissons. Le coton après avoir été utilisé pour ses fibres et son huile, génère également des tourteaux intéressants pour l'élevage. Les cultures vivrières peuvent être ainsi source à la fois de coproduits destinés à l'alimentation des animaux de rente et de fibres industrielles, textiles notamment.

Dans le même ordre d'idée, de nombreux déchets végétaux, aquatiques, animaux et urbains peuvent être valorisés en produits biosourcés et énergie (méthanisation par exemple) après recyclage. A cet effet il faut noter que les composés biosourcés qui présentent la même structure moléculaire que les composés d'origine fossile, n'entraînent pas pour leur recyclage de tri supplémentaire. En revanche, les composés biosourcés, qui diffèrent structurellement des composés classiques, issus de la pétrochimie, avant d'être recyclés, ne

doivent pas être mélangés aux composés de structure usuelle et doivent être ensuite traités conformément aux normes qui caractérisent les déchets valorisables. En conséquence, une analyse complète de l'ensemble du cycle de vie des produits biosourcés (non systématiquement biodégradables) nouveaux, originaux, est indispensable pour établir leur bilan environnemental global.

**- Les produits biosourcés et l'environnement**

Les produits biosourcés présentent certains avantages environnementaux. D'après Christophe Rupp-Dahlem (Président de l'ACDV-Association de la Chimie du Végétal) la quantité de CO<sub>2</sub> émise lors de la production de produits biosourcés par les procédés de biotechnologie serait inférieure de 30 à 40 % comparée aux procédés de la pétrochimie. Ainsi, tandis qu'un kilogramme de polypropylène génère 2 kg de CO<sub>2</sub>, un plastique végétal lui n'émet que 1,5 kg de gaz carbonique.

Toutefois, les produits biosourcés tant par leur fabrication que par leur recyclage peuvent modifier les facteurs environnementaux. La valorisation des déchets organiques par exemple n'est pas sans conséquence sur l'environnement agricole. Les « déchets végétaux » (pailles de céréales, cannes ou les rafles de maïs, bagasse de canne à sucre, branchages, etc.) ne peuvent pas être utilisés exclusivement pour la chimie biosourcée, un pourcentage non négligeable est nécessaire à la reconstitution de la matière organique du sol, pour en améliorer la structure physique (compaction, érosion) et biologique. Le maintien d'une agriculture durable nécessite après récolte la réintroduc-

tion régulière (selon la nature des sols) de la matière organique dans les sols (notamment les pailles), avec pour conséquence une amélioration de leur flore microbienne.

**-Les produits biosourcés ont des conséquences sur la société et l'aménagement du territoire.**

Les recherches à engager dans ce domaine devront se doter d'outils méthodologiques permettant d'analyser les impacts sociétaux et économiques de ce niveau d'intégration et d'amener à une réflexion prospective sur l'intégration de ces nouvelles filières dans les politiques d'aménagement des territoires. Les opérateurs intervenant sur les bassins d'approvisionnement par exemple, doivent-ils envisager de se limiter à récolter et éventuellement à transformer la biomasse (limitation à la fragmentation par exemple) destinée à des unités industrielles de forte capacité pouvant être localisées à plusieurs centaines de kilomètres des sites de production, dans les ports par exemple, sachant que le transport à longue distance a un coût et modifie le cycle de vie des produits. Au contraire, faut-il intégrer une transformation plus poussée, sur les lieux de production, destinée à produire une matière première répondant à des exigences techniques définies par les dits transformateurs ?

**- Les produits biosourcés devraient favoriser l'emploi dans les lieux de production et de transformation.**

Le travail mené récemment par l'APEC (Association pour l'emploi des cadres) a permis d'identifier 32 métiers considérés comme « stratégiques » pour le développement de la filière. Ces métiers sont tous haute-

ment qualifiés et se répartissent dans quatre grandes familles : l'innovation, la production et l'optimisation industrielle, la protection (environnementale, valorisation des déchets, qualité) et la compréhension du marché. On y trouve ainsi des métiers aussi divers qu'ingénieur en propriété intellectuelle, responsable environnement, responsable logistique, responsable en intelligence économique ou responsable maintenance. Ces métiers permettent de fixer les emplois sur un bassin donné et demandent de nombreuses compétences et des aptitudes à la collaboration interdisciplinaire, donc des changements de comportement des nouveaux acteurs, incluant de nouvelles formations de ces personnels.

La valorisation de la biomasse favorise la diminution des consommations d'énergie de ressources fossiles onéreuses et très dépendantes du contexte politique international et en conséquence la réduction de la dépendance énergétique de notre pays. D'après Claude Roy, une agriculture et une sylviculture productives, sobres et diversifiées, avec leurs filières aval efficaces et leurs produits, sont également les remparts les plus efficaces contre le changement climatique aux côtés des économies d'énergie et des innovations technologiques et organisationnelles. De plus, la valorisation de la biomasse, tout en créant de la valeur ajoutée, est source de développement local de filières et de création d'emplois de qualité en un lieu donné. Enfin, en permettant le recyclage puis une valorisation énergétique des biomatériaux en fin de vie, la valorisation de la biomasse permet de réduire les émissions de carbone fossile dans l'atmosphère.

La chimie biosourcée est une chimie « douce » compatible avec les exigences de nos concitoyens, dont le surcoût n'est en fait que relatif. En effet, contrairement aux produits fossiles qui n'intègrent pas jusqu'à présent dans leur coût les externalités négatives (coût environnemental par exemple), les produits renouvelables supportent les dépenses qui sont liées au seul renouvellement de leur gisement et de leurs ressources dans le temps présent. Enfin, si le coût des produits biosourcés, même s'il reste très dépendant du cours du pétrole, est de moins en moins prohibitif. Les entreprises l'ont bien compris. Pour cultiver leur image éco-responsable, elles développent de plus en plus des produits biosourcés, conformes aux produits de la pétrochimie ou entièrement nouveaux, manifestant ainsi des capacités d'innovation étonnantes.

## « La transition vers la bio-économie représente un challenge sans précédent. »

Il paraît donc possible de remplacer, au moins une partie, des ressources pétrochimiques par des ressources biosourcées essentiellement d'origine végétale (déchets organiques compris), en le réalisant de manière à n'engendrer aucun déséquilibre d'ordre agricole ou alimentaire, en respectant l'environnement (et le paysage si cher aux Français) et en restant dans le cadre d'un développement durable effectif. L'État et l'Europe doivent encourager une telle approche d'une chimie du végétal, propre, durable, issue des produits de

l'agriculture, capable d'être concurrentielle à l'international. Ce doit être une volonté politique pour les années à venir. Ce n'est pas une utopie mais une réalité, tout au moins dans le domaine de la chimie où on peut envisager d'introduire à terme 10 à 20% de produits issus de l'agriculture.

Comment conduire cette transition dans les prochaines décennies depuis la situation actuelle pour créer une bioéconomie durable à partir de filières anciennes à réviser (agricole, alimentaire, énergétique, forestière) et les filières émergentes (chimie, biotechnologie, matériaux) à insérer dans le système économique ? La transition vers la bioéconomie représente un challenge d'une ampleur peut-être sans précédent, dans un contexte difficilement prévisible, où l'apport d'idées nouvelles et audacieuses est essentiel. Les feuilles de route qui sont d'ores et déjà « sur la table » prévoient le doublement de ces performances à l'horizon 2020-2025, et leur quadruplement à l'horizon 2050 (facteur 4) ! Selon Claude Roy (2013), la France est ainsi déjà entrée dans une véritable logique d'économie verte compétitive (bio-économie), où elle se trouve très bien placée parmi les pays les plus « bio-dynamiques » au monde. La valorisation de la biomasse constitue en France l'un des leviers les plus forts pour contribuer à la réalisation de l'objectif de réduction des gaz à effet de serre et de maîtrise de l'approvisionnement en matière carbonée et énergétique. ■

En savoir plus sur  
[www.academie-agriculture.fr](http://www.academie-agriculture.fr)



**Christian FERAULT,**  
Ancien Vice-Secrétaire de  
l'Académie d'agriculture de  
France  
Directeur de recherche  
honoraire de l'INRA

## Christian FERAULT

Membre de l'Académie d'agriculture

## Jean et Marie-Louise DUFRENOY, deux grands humanistes bienfaiteurs de l'Académie

Jean Dufrenoy (1894-1972) a été un chercheur et un enseignant de premier plan, s'intéressant à de multiples aspects de la biologie végétale, mais privilégiant la pathologie, la génétique et la physiologie avec pour idée directrice l'interprétation cytologique des phénomènes pathologiques.

Il partagea ses activités entre la recherche agronomique et l'enseignement supérieur, à Bordeaux, en Louisiane puis en Californie, avant d'être professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers de Paris en 1954.

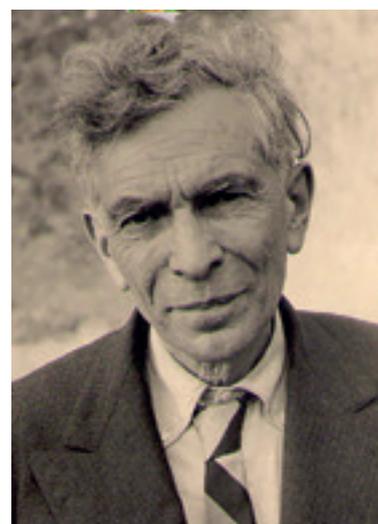
Il est l'auteur, entre 1916 et 1972, de quatre ouvrages et de 358 publications dans des revues éclectiques de haute qualité.

Membre de nombreuses Sociétés savantes de France et des Etats-Unis, il fut élu membre de l'Académie d'agriculture de France en 1957. Au-delà de ses travaux associés à ses responsabilités successives, il est reconnu comme un grand humaniste et un enseignant hors-pair à la très vaste culture et à la pensée à la pointe des idées. Il fut aussi un aquariste de qualité.

Sœur de Jean Dufrenoy, Marie-Louise (1898-1976) fut professeure de littérature française à l'Université de Berkeley, et est auteure de cinq

livres sur l'Orient romanesque et de 132 articles.

En mémoire de son frère, et en partenariat avec l'Académie d'agriculture de France, elle créa en 1973 un Prix destiné à récompenser chaque année les travaux d'un chercheur. Puis, en 1975, elle institua l'Académie sa légataire universelle, permettant ainsi l'attribution annuelle de bourses à de jeunes doctorants ou chercheurs.



Jean Dufrenoy  
Photographie vers 1956

Jean Dufrenoy naît, à Paris, le 13 juin 1894, dans une famille de la grande bourgeoisie éclairée qui a donné, en un siècle et demi, une femme de

lettres, Adélaïde, un éminent minéralogiste, Armand, co-auteur de la carte géologique générale de France et Georges, peintre de talent. Il est élevé dans une stricte tradition morale et chrétienne.

Admis en 1913 à l'Institut national agronomique, il ne peut intégrer l'École en raison de graves problèmes de santé. La guerre éclate et il demeure, réformé, avec sa famille, à Arcachon. Il nouera alors, dans ce contexte, un attachement profond au Sud-Ouest.

Jean poursuit cependant des études de biologie et de chimie à la Faculté des sciences de Bordeaux dont il est licencié en 1918 puis intègre l'INA l'année suivante. Ingénieur agronome en 1921, et après avoir déjà publié des observations originales dans différentes Revues, sa rencontre, rue Claude-Bernard, avec le Professeur Fron est déterminante pour la suite de sa carrière : il s'engage définitivement dans la pathologie végétale qu'il élargit délibérément à la cytologie, la génétique, la virologie – science alors à part – la biochimie, la statistique et l'informatique, faisant vite culminer et pour longtemps sa pensée en réussissant des disciplines qui lui paraissent liées.

Parallèlement, il maîtrise l'anglais et s'intéresse fortement aux civilisations anglaise et américaine. Avec sa licence en poche, il soumet deux « papiers » à des Journaux anglo-saxons !

Dès cette époque, il se montre clair dans son écriture, informateur de premier ordre et véritable « écrivain scientifique » ainsi que le signalera Pierre Chouard.

### UN CHERCHEUR FÉCOND

A sa sortie de l'INA, il accepte un modeste poste de technicien à l'Institut de la recherche agronomique

d'alors qui dispose de très peu de moyens.

Il est affecté à la Station de Pathologie végétale de la rue d'Alésia ce qui lui permet de rencontrer Etienne Foex et de partager son temps entre des missions provinciales consacrées à des maladies des agrumes et de l'orme, et Paris où il peut travailler à sa thèse de doctorat d'Etat ès sciences consacrée aux tumeurs des pins qu'il soutient en 1925 après avoir mené moult contacts de grand intérêt avec des universitaires et des chercheurs, notamment Alexandre Guillermond, figure de la cytologie en plein renouveau, Magrou pour la microbiologie à l'Institut Pasteur et Grollet en pathologie comparée. Jean reçoit ensuite la mission d'étudier les maladies de dépérissement du châtaignier et du noyer à l'ouest et au sud du Massif central. Les ressources sont modestes et il doit même acheter de ses propres deniers le terrain expérimental ! C'est le début de la station de Brive dont la direction lui est confiée. Il y restera dix ans, pratiquant de nombreuses introductions et réalisant des hybridations à une époque que l'on peut qualifier d'« épopée » dans la lutte contre la maladie de l'encre. Son contact aisé avec toutes les parties concernées facilite les avancées.

Troisième étape, celle de l'Institut expérimental des Tabacs à Bergerac, créé en 1922 par le SEITA, au sein duquel il rencontre d'innombrables problèmes de phytopathologie dont ceux de virologie auxquels il va se consacrer avec enthousiasme. C'est là qu'il met en œuvre sa passion pour les recherches méthodologiques de statistique qui ira en s'amplifiant.

### LES AVENTURES AMÉRICAINES

A cette époque, Jean Dufrenoy, déjà reconnu comme un brillant et pro-

metteur sujet, est retenu pour une proposition de bourse de la Fondation Rockefeller. Il part, en 1928, pour l'Université Cornell et il est comme ébloui par ce qu'il y trouve, notamment en génétique et en biométrie, avec en plus la cordialité de ceux qui le reçoivent et l'efficacité pratique qu'il ressent vite sur place.

Il amplifie ses études sur les aspects cytologiques *in vivo* des maladies par carences minérales et étudie l'hypermensibilité associée à l'infection par certaines rouilles.

A son retour en France, il est nommé directeur de la station IRA de la Grande Ferrade à Pont-de-la-Maye. Toujours le Sud-Ouest, avec de lourdes responsabilités qui le prennent jour et nuit selon des témoins de l'époque. Avec Pierre Chouard et Louis Genevois un trio est formé qui dépasse bien avant l'heure les frontières entre la Recherche et l'Université de Bordeaux. C'est une période très féconde de production d'articles de grande qualité, ce qui ne l'empêche pas d'accepter en 1933/1935 une seconde bourse, cette fois à l'Université de Californie... moment qui correspondra aussi à la venue et à l'installation progressive de sa sœur Marie-Louise.

A la fin des années 30, il devient aussi Maître de conférences à la Faculté des sciences de Bordeaux, au poste de Pierre Chouard, après un stage de statistique à Londres auprès du Professeur Fisher. Il assume avec bonheur et fécondité toutes ces responsabilités. Juste avant le début de la Seconde Guerre mondiale, il reçoit une nouvelle offre américaine de « professorat d'échange » en Louisiane, à Bâton-Rouge, pour une année. Il s'embarque avec sa sœur qui, elle, rejoint Berkeley.

Ce nouveau séjour américain durera... quinze ans !

Pendant la période des hostilités, il s'ingéniera à transmettre aux Français les avancées de la science en Amérique dont une bonne partie passera par... la « Revue Horticole ».

En Louisiane, il enseigne et fait des recherches de physiopathologie, spécialement sur la canne à sucre, un bon « modèle » ! mais les conditions devenant difficiles, il se retrouve vite à Berkeley au service de la firme pharmaceutique Cutter avec la mission d'innover au plus vite en matière d'industrialisation de la production de pénicilline dont combattants et populations civiles ont tant besoin.

En utilisant des déchets d'usines qu'il complète et au prix d'un travail acharné, il obtient des rendements records qui lui valent même des félicitations du « War Department ».

La paix revenue, il est nommé professeur à la Faculté de pharmacie de Berkeley en charge des antibiotiques, des modificateurs de croissance des végétaux et des pesticides. Une nouvelle aventure qu'il déploiera avec talent une petite dizaine d'années à proximité de sa sœur Marie-Louise.

## AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

En 1954, Jean Dufrenoy rentre en France pour prendre la succession de Pierre Chouard à la tête de la chaire d'Agriculture du CNAM. Une gageure en plein Paris où il faut susciter l'intérêt d'auditeurs déjà engagés dans des activités professionnelles ! Il y réussit très bien – et les témoignages sont unanimes – en faisant de l'informatique et des statistiques les leviers de ses messages relatifs à l'agriculture, élargis à une signification plus générale. Au CNAM, l'amphithéâtre d'agriculture est bondé et le maître déploie des trésors d'activité et de dévouement

auprès de ses élèves enthousiastes [l'auteur de ces lignes en rend compte].

Atteint par la limite d'âge en 1964, il poursuivra huit années son enseignement au Centre associé de Nice, au voisinage de sa résidence devenue principale de Saint-Paul-de-Vence.

## L'ACADÉMICIEN RESPECTÉ

Membre de nombreuses Sociétés scientifiques américaines, après avoir fait partie des Sociétés françaises de Biologie et de Statistique, Jean Dufrenoy est élu Membre titulaire de l'Académie d'agriculture de France le 28 novembre 1956, dans la section des Cultures (décret du 14 janvier 1957, Journal officiel du 18 janvier).

Son dossier est abondant et témoigne de beaucoup d'activités au sein de la Compagnie au sein de laquelle il fera 32 exposés originaux, présentera 73 ouvrages et 57 notes établies par des chercheurs, un ensemble marquant dans les « Comptes Rendus ».

Pierre Chouard, dans son hommage suite au décès de Jean le 12 mai 1972, indiquera qu'« ...il fut parmi nous le modèle de l'assiduité, de la courtoisie et de la bonne grâce, associées à la vivacité et à la spontanéité de son tempérament si sensible, retenue par une grande maîtrise de soi ».

## MARIE-LOUISE DUFRENOY « SI CELA NE VA, ON LE FAIT ALLER »

Marie-Louise Dufrenoy naît à Paris le 31 octobre 1898, quatre ans après son frère Jean.

A la suite de son baccalauréat, elle étudie la philosophie en Sorbonne, la peinture qui lui permet de révéler ses talents d'aquarelliste et le violon.

Mais auparavant elle a vécu, associée à une chute de ski en Suisse, aux



conséquences mal soignées, lui laissant une infirmité et des souffrances jusqu'à la fin de ses jours, une période qui l'obligera ensuite à se dépasser, adoptant la maxime placée ici en exergue.

Dans l'après-guerre, elle mène, à l'image des femmes de son milieu, une vie sociale active et se consacre à ses arts préférés. Elle semble rapidement trouver des limites à cette existence somme toute facile.

## LE DÉPART ET L'INSTALLATION EN AMÉRIQUE

Très liée à son frère, elle profite d'une invitation de celui-ci à l'Université de Californie afin de travailler sur les maladies des agrumes, pour s'y rendre elle aussi. Elle arrive aux Etats-Unis le 16 janvier 1933, une date capitale pour elle, début d'une très longue présence de trente-quatre ans à Berkeley surtout et aussi à Bâton-Rouge. Une démarche originale à cette époque pour une femme de trente-cinq ans, mais qui restera toute sa vie très attachée à sa patrie d'origine. Jean aura sans doute été le catalyseur de cette venue ainsi que le support, et jouera auprès d'elle, dans

une grande affection mutuelle, un rôle de guide écouté.

A Berkeley, comme auparavant en France, elle est très proche des préoccupations de Jean et collabore à ses travaux et publications scientifiques – pour un effectif de trente-sept –, les premières portant par exemple sur les phytophthorées, le dépérissement des noyers, la cytologie des infections virales ou le périodisme en horticulture, les suivantes étant plus générales – et en anglais – à l'image de l'histoire de la mélamine, la viande dans l'histoire de la chimie ou l'histoire des tulipes « Perroquet », sans oublier des productions associées aux statistiques, aux prévisions et à la prospective si chères à son frère.

Sur place, elle-même se consacre aux lettres et à la philosophie, obtenant vite un « master of arts » puis un Ph.D. en langues et littératures romanes. Assistante au département de français dès 1937, elle devient ensuite professeure associée puis professeure ... jusqu'à son éméritat en 1967.

### UNE ENSEIGNANTE- CHERCHEURE TRÈS IMPLIQUÉE

Marie-Louise partage son temps entre enseignement et recherche. Exégète de Colette, de Gide, de Malraux et d'Henri Fauconnier devant ses étudiants, elle dispense des cours riches d'aspects culturels variés, bien disposée en cela par son parcours préalable et la vaste palette de ses activités antérieures.

Elle participe et communique à l'occasion de nombreux congrès en matière d'histoire de la littérature et de philosophie et, au cours d'une année sabbatique en 1958/59, elle intervient à Strasbourg et à la Sorbonne sur «

L'idée de progrès et l'Orient philosophique ».

Quant aux publications associées à ses propres activités de recherche, elles sont dans la ligne de son travail de thèse. Ses œuvres majeures sont constituées par trois livres ayant pour titre : « L'Orient romanesque en France, 1704-1789 », parus en trois tomes en 1946, 1947 et 1975, pour un total de plus de 1 400 pages.

Elle a ainsi toute sa vie, même si on ignore les raisons de son choix initial, approfondi avec ténacité un sujet sans limite, plein d'agrément et de fantaisie galante dans ses composantes de tous ordres, à partir de plus de sept cents titres de publications et de 350 autres sources.

Extrayons de ce travail magistral et reconnu comme tel la phrase suivante :

« ... l'Orient romanesque n'est pas seulement une introduction à une science et à un art : c'est une aventure de l'esprit, car il représente le premier véritable effort d'assimilation de la matière orientale par les Occidentaux ».

Par ailleurs, elle jouera un rôle très actif au sein de la Société des Professeurs français en Amérique (SPFA), créée en 1904 pour encourager l'enseignement du français et mieux faire connaître le patrimoine spirituel et intellectuel de notre pays. Une Fondation culturelle « Jean et Marie-Louise Dufrenoy *Scholarship Fund* » a d'ailleurs été instituée par Marie-Louise au sein de cette Société.

1967 sera l'année qui permettra une réunion permanente avec Jean, rentré, lui, en 1954 afin de prendre en charge son enseignement au CNAM. Ils seront, plus tard, souvent présents dans leur résidence préférée à Saint-Paul-de-Vence, dénommée « La Bastide rouge ».

Au total, Marie-Louise aura produit cinq ouvrages et cent trente-deux articles entre 1927 et 1975, ces derniers dans des revues également éclectiques, le plus souvent de niveau international.

Elle sera faite officier d'Académie en 1954 et chevalier de la Légion d'Honneur quatre ans plus tard.

Ainsi que l'écrivait Roger Blais le 21 novembre 1979, dans nos Comptes Rendus « ... Il faut voir chez Marie-Louise comme une revanche de l'esprit sur un corps mutilé ».

### BIENFAITRICE DE L'ACADÉMIE

Au lendemain du décès de Jean, Marie-Louise fonda le prix Jean-Dufrenoy « ...prix annuel... attribué à un chercheur, âgé de préférence de moins de quarante ans, dont les travaux ont été inspirés en quelque mesure par l'œuvre de Jean Dufrenoy... » dont elle honorera de sa présence, tant qu'elle l'a pu, la remise. Mais, comme l'a indiqué l'auteur précité, « Ce n'était là que des prémices, par testament olographe en date du 22 juillet 1975, déposé chez Maîtres Séjournant et Guérin, notaires associés à Paris, elle avait institué l'Académie d'Agriculture de France sa légataire universelle ». Une décision évidemment prise à deux, sans avoir à faire de conjecture superflue.

Outre l'institution du Prix et des bourses annuelles, et plus prosaïquement, la conversion par notre Compagnie de la plus grande partie de leur legs en valeurs mobilières de « bon père de famille » et dans l'achat de notre forêt du Boulay-Morin, belle propriété de 140 hectares dans l'Eure, nous vaut un renforcement très bienvenu de notre assise financière.

Marie-Louise décède, à Paris, le 6 juin 1976 et repose avec son frère à Saint-

Paul-de-Vence.

Tous deux auront poursuivi, au cours de leurs vies une quête de la vérité dans leurs disciplines : les lettres, les arts et les sciences, « une quête dans une communion fraternelle, au sens d'un accord de dilection entre deux êtres ; quête éclairée chez tous deux par la même espérance » (ibid).

Marie-Louise et Jean Dufrenoy sont très présents à l'Académie avec d'abord la grande salle du second étage de notre hôtel qui porte leurs deux prénoms et nom, ensuite par le Prix annuel au nom de notre Confrère, attribué chaque année par la Commission académique sur proposi-

tion des sections, enfin à travers les bourses de recherche (depuis 2014, en association avec le Crédit Agricole d'Ile-de-France Mécénat) aux deux prénoms et nom « attribuées à de jeunes chercheurs inscrits en vue de la préparation d'un doctorat ou à des techniciens inscrits dans des formations avancées de promotion et poursuivant des travaux originaux ».

Plusieurs Confrères ont puissamment contribué à maintenir et prolonger le souvenir des œuvres de Marie-Louise et Jean parmi lesquels on doit citer : Roger Blais, Pierre Chouard et Pierre Rouveroux, sans oublier par ailleurs Louis Genevois, professeur honoraire

de l'Université de Bordeaux.

Il peut paraître surprenant qu'aucun ouvrage ne leur ait été – pour l'instant – consacré, mises à part les deux plaquettes d'« Hommages » de qualité publiées par l'Académie en 1979 (selon la volonté de la légataire) et 1980. ■

*\* Les clichés proviennent du dossier académique de Jean et des « Hommages ».*

*En savoir plus sur [www.academie-agriculture.fr](http://www.academie-agriculture.fr)*



**Académie d'Agriculture de France**  
**Espace Bellechasse**  
18 rue de Bellechasse 75007 Paris

## Location de Salles

**Remise de 10% sur la salle**  
**Pour les Organismes**  
**à sujet Agricole**



**Easy Réunion**  
**01 79 72 33 03**  
**[www.espacebellechasse.com](http://www.espacebellechasse.com)**



### **GNIS**

CATHERINE DAGORN, Directrice générale du Gnis.

P. 69

### **ARTICLE RÉDIGÉ PAR LA RÉDACTION DE FFE**

s'appuyant sur l'article « Les mycotoxines dans les récoltes de céréales, -Quelle gestion en 2013 ? »

P. 70-71

### **CGB**

ALAIN JEANROY, Directeur Général

P. 72-73

### **ONF**

BENOÎT FRAUD, Directeur Général.

P. 74

#### **Dossier publi-rédactionnel réalisé par FFE**

**Contact : régie publicitaire ffe**

**Philippe Simon** - [philippe.simon@revue-academieagriculture.fr](mailto:philippe.simon@revue-academieagriculture.fr) - Tél. : 01.43.57.91.66



## LA SEMENCE AU COEUR DES ENJEUX DE L'AGRICULTURE



**Les défis à relever par l'agriculture sont nombreux : nourrir une population croissante, préserver l'environnement, etc. Dans ce contexte, le secteur des semences a un rôle majeur à jouer. Et tout particulièrement la France, leader mondial...**

**Entretien avec Catherine Dagorn, directrice générale du Gnis.**

### Bio Express

Catherine Dagorn, 45 ans, est ingénieure agronome d'AgroParisTech et titulaire d'un MBA obtenu à l'Institut d'administration des entreprises de Paris (IAE) en 2007. Elle a rejoint le Gnis en avril 1997 au poste d'ingénieure chargée de communication. De 2000 à 2013, elle a successivement été en charge des sections Céréales à paille et protéagineux, Plants de pomme de terre, puis Maïs et sorgho. Elle est directrice générale du Gnis depuis 2013.

### **Le secteur semences et plants est peu connu. En quoi s'agit-il d'une activité stratégique ?**

L'agriculture a pour mission de nourrir la population. Les semences, elles, constituent le point de départ de toutes les productions agricoles. La sécurité alimentaire des populations passe donc en premier lieu par la production de semences de qualité. Celles-ci apportent aux agriculteurs la garantie d'être exemptes de maladie, d'être aptes à germer, d'appartenir à l'espèce et à la variété recherchées.

### **La France est le 1<sup>er</sup> exportateur mondial de semences... Comment expliquez-vous ce rayonnement ?**

La France bénéficie de conditions pédoclimatiques favorables à la production de semences d'espèces variées. Mais sa compétitivité tient aussi aux savoir-faire et à l'esprit de filière qui prévaut parmi les acteurs : entreprises de sélection, entreprises de production de semences, distributeurs de semences, agriculteurs-multiplicateurs. Toutes les familles professionnelles investissent dans des équipements high tech et innovent pour permettre à la France de conserver sa place de leader mondial.

Les entreprises du secteur consacrent ainsi de 10 à 15 % de leur chiffre d'affaires à la R&D, ce qui les place aux premiers rangs de l'industrie en la matière. Soulignons

également un cadre réglementaire et contractuel adapté.

### **Augmentation de la population mondiale, respect de l'environnement, changement climatique...**

### **Quel rôle le secteur semences peut-il jouer dans les grands défis que l'agriculture est amenée à relever ?**

Pour répondre à ces défis complexes, l'agriculture a besoin d'innovations dans différents secteurs, et en particulier dans les semences ! Car la semence véhicule le progrès génétique apportée à la plante par les entreprises de sélection.

C'est pourquoi notre secteur peut apporter de nombreux éléments de réponse au défi d'une agriculture plus productive, plus verte, à même de s'adapter au changement climatique. Dans cette dynamique, c'est l'alimentation des populations qui est concernée : une alimentation en quantité et en qualité, c'est-à-dire saine (sans maladies), diversifiée et riche en nutriments... Et abordable financièrement !

Le secteur semences a déjà permis de nombreuses avancées à l'agriculture, en termes d'adaptation des plantes aux territoires, d'augmentation des rendements et de résistance aux ravageurs.

Chaque année, il met notamment sur le marché de nouvelles variétés de plantes résistantes aux maladies

permettant de limiter l'utilisation de produits phytosanitaires. Il travaille aussi à la création de variétés capables de résister à des épisodes de sécheresse ou de canicule. La transition vers l'agriculture que l'Europe appelle de ses vœux ne se fera pas sans la participation active du secteur semences...

### **GNIS EN BREF**

(Groupement national interprofessionnel des semences et plants).

Le Gnis est un espace de concertation pour les acteurs des semences et les utilisateurs de ce matériel de reproduction : entreprises de sélection et de production, agriculteurs-multiplicateurs, distributeurs, agriculteurs utilisateurs, industries de transformation.

Il a délégué au ministère de l'Agriculture pour effectuer le contrôle des semences produites en France, en vue de leur commercialisation.

Cette mission est assurée par son service technique : le Service officiel de contrôle et de certification (Soc).

[www.gnis.fr](http://www.gnis.fr)

# MODÈLES AGRICOLES, RISQUES POUR LA SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ALIMENT

2015 est l'année des records en termes de rendement du blé en France avec un volume produit supérieur à 40 millions de tonnes de grains d'excellente qualité<sup>1</sup> et un rendement par unité de surface aussi record avec plus de 78 quintaux par hectare.

Il s'agit d'une heureuse « surprise » une année où les meilleurs agronomes craignaient un échouage tardif. Pour ajouter en matière de satisfécits, une communication du ministère des affaires étrangères au sujet du blé « déculpabilise » des céréaliers qui se sont donné les moyens pour obtenir ce résultat.

Le ministère des affaires étrangères et l'IRIS<sup>2</sup> ne considèrent pas le blé comme une simple matière première quelconque mais bien comme un instrument de géopolitique et de diplomatie efficace. Avec une récolte 2015 abondante, au delà des retombées économiques directes et indirectes, la diplomatie, l'économie et l'équilibre de la balance commerciale de la France sont toutes bénéficiaires.

Si diplomatie et géostratégie riment avec sécurité alimentaire des nations<sup>3</sup>, on ne peut oublier l'autre sécurité d'une production de blé nationale, celle qui porte sur la sécurité sanitaire de l'aliment et de l'environnement des populations rurales permises par les techniques de production et les modèles agricoles choisis.

## Exposé des dangers et des risques.

Les céréales à paille sont le support de différents contaminants naturels, principalement champignons mais aussi historiquement des mauvaises herbes dont les graines sont toxiques voire le pollen source de préoccupation.

Trois types de champignons différents menacent la qualité du blé.

• **Les fusarioses de l'épi de blé** : il s'agit principalement de fusarioses qui se développent sur l'épi du blé à partir de la « floraison » de la plante. Plusieurs espèces de *Fusarium* toxigènes peuvent contaminer l'épi de blé, les plus communes sont *Fusarium graminearum* et *F.culmorum*. Les mycotoxines produites et règlementées sont principalement le deoxynivalenol et la zearalenone.

Les T2-HT2 sont en cours réglementation et d'autres mycotoxines enfin non encore règlementées, faute de données suffisantes pour identifier une dose sans effet.

Ce sont le nivalenol, les Déoxynivalé-

nol acétylés (A-DON) : 3-acétyl DON et 15-acétyl DON, la fusarénone X, les monilifomine, beauvericine, fusaproliférine, enniatines, acide fusarique et le diacétoxyscirpenol ou DAS produites par d'autres espèces de *Fusarium* sur céréales à paille en général et blé en particulier.

• **L'ergot du seigle** est la forme de conservation ou sclérote du champignon *claviceps purpurea*, champignon dont la dangerosité extrême a été évoquée<sup>4</sup> dès le XVIIème siècle. Ce champignon était considéré comme ayant quasiment disparu depuis le début des années 60 quelques années après l'intoxication de Pont St Esprit aux causes non encore totalement élucidées.

Peu préoccupant ne signifie pas pour autant absent puisque des épisodes de plus forte prévalence ont pu être notés selon un pas de temps de l'ordre de 3 ans entre 2000 et 2012, souvent en lien avec un climat du printemps plus humide.

La présence de l'organisme a été rendue plus visible par une recherche des alcaloïdes caracté-

ristiques dans les produits céréaliers en 2009<sup>5</sup> et une succession de deux années à plus forte prévalence en 2012 puis 2013 à l'origine d'accidents graves et visibles notamment dans des troupeaux de bovins<sup>6</sup>.

• **Des champignons qui ne se développent qu'à partir du stockage en silo**, si le grain est conservé dans des conditions humides ou suite à la multiplication d'insectes<sup>7</sup>. Les espèces fongiques en présence, principalement des genres *Aspergillus* et *Penicillium* peuvent produire des mycotoxines : Ochratoxine A ou de façon très exceptionnelle en Europe, des aflatoxines.

**Les risques liés aux adventices** : Les champignons toxigènes ne sont pas les seuls à menacer la qualité sanitaire des récoltes, historiquement des graines de mauvaises herbes étaient redoutées dans le blé. L'ivraie enivrante (*Lolium temulentum*) aux effets psychotropes proches de l'ivresse, dus à l'alcaloïde tume-line était déjà source de préoccupation à l'époque romaine.

La plante la plus redoutable pour le blé dans la mémoire paysanne

reste *Agrostemma githago* ou Nielle des blés<sup>8</sup> longtemps redoutée car contenant une substance toxique (la githagine) aux propriétés hémolytiques et potentiellement paralysantes. Elle avait disparu des champs de blé avec l'emploi des herbicides. Son retour à un niveau notable est rapporté au Royaume uni<sup>9</sup> avec l'évolution des stratégies de désherbage et une tolérance plus grande pour la présence d'adventices.

En revanche les céréales à paille sont protégées de la contamination par l'herbe du diable (*Datura stramonium*) grâce à leur cycle

décalé de celui de l'adventice importée d'Amérique du nord et responsable d'intoxications avérées et très actuelles lorsque mélangé dans la récolte de sarrasin<sup>10</sup>.

Les mauvaises herbes qui ont envahi ou envahissent encore les champs de céréales ne sont pas seulement dangereuses lorsque présentes dans l'aliment.

Le cas de l'ambrosie est particulièrement d'actualité en cette fin d'été, avec des populations humaines allergiques à hauteur de 20 % dans les zones les plus concernées par l'adventice en France.

Le blé peut être aussi une culture à risque du fait de désherbages allégés et de l'impossibilité du déchaumage dans des cultures de couverture CIPAN semées après le blé mais non désherbées.

*Article rédigé par la rédaction de FFE s'appuyant sur l'article « Les mycotoxines dans les récoltes de céréales, -Quelle gestion en 2013 ? » - groupe de travail sur les plantes génétiquement modifiées de l'AAF - janvier 2014 avec des éléments actualisés fournis par les auteurs.*

<sup>1</sup> Si la qualité sanitaire du blé est exceptionnelle en 2015 en Europe de l'ouest en général et en France en particulier, ce n'est pas le cas en Amérique du nord avec des niveaux anormalement élevés de fusariotoxines et de sclérotos d'ergot dans les céréales à paille, en lien avec le climat humide du printemps. Cela conduit les céréaliers et les autorités à sensibiliser les éleveurs américains aux risques de toxicité pour leurs troupeaux. On notera le très grand professionnalisme sur ces sujets chez nos voisins d'outre atlantique.

<sup>2</sup> Institut de Relations Internationales et Stratégiques

<sup>3</sup> <http://www.iris-france.org/61741-geopolitique-du-ble-un-produit-vital-pour-la-securite-mondiale-trois-questions-a-sebastien-abis/> - <http://www.agrisalon.com/actualites/2015/06/29/les-cerealiers-ont-ils-encore-besoin-d-un-ministere-de-l-agriculture-> <http://www.terre-net.fr/actualite-agricole/economie-social/article/le-ble-l-autre-petrole-de-daech-202-111875.htm>.

<sup>4</sup> Dès 1670 Thuillier fait le lien entre l'ergot du seigle, le pain contaminé et le mal des ardents mais les toxicités de ces alcaloïdes seront généralisées de nombreuses années encore avec un impact sur la démographie de l'Europe selon Mary K Matossian dans l'étude qu'elle formule dans « Poisons of the Past: Molds, Epidemics, and History ». New Haven: Yale University Press, 1989.

<sup>5</sup> <http://www.efsa.europa.eu/fr/supporting/pub/214e.htm> Ergot alkaloids were present in 52 % of rye feed, 95 % of rye food, 34 % of wheat feed, 86 % of wheat food, 48 % of triticale feed and 76 % food products from the shops at total alkaloid levels ranging from 1 to 12340 µg/kg. Though the highest frequencies of contamination were observed for food samples, the feed samples and in particular the Swiss rye feed accounted for the highest levels of ergot alkaloids.

<sup>6</sup> La forte prévalence d'ergot dans les céréales récoltées en 2012 et 2013 s'est traduite par des accidents dans les troupeaux de bovins <http://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point-veterinaire/article-rural/n-345/ergotisme-dans-deux-troupeaux-charolais.html>, guid des phénomènes chroniques non ou moins détectables ; à l'instar de l'agalactie sérieuse et généralisée chez les ovins en 2012-2013 en Alsace et Lorraine <http://neva.fr/course/view.php?id=376&topic=28>

<sup>7</sup> Grâce à un contrôle rigoureux des conditions de stockage ce phénomène n'est jamais observé ou très exceptionnellement dans les pays développés mais reste courant dans les pays du sud <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=7108>.

<sup>8</sup> Les premières descriptions de la nielle du blé remontent à Dioscoride, médecin grec qui vécut au I<sup>er</sup> siècle de notre ère.

<sup>9</sup> [http://www.dailymail.co.uk/news/article-2693783/Deadly-British-plant-thought-extinct-discovered-lighthouse-Public-warned-not-touch-com-cockle-kill.html?ITO=1490&ns\\_mchannel=rss&ns\\_campaign=1490](http://www.dailymail.co.uk/news/article-2693783/Deadly-British-plant-thought-extinct-discovered-lighthouse-Public-warned-not-touch-com-cockle-kill.html?ITO=1490&ns_mchannel=rss&ns_campaign=1490).

<sup>10</sup> <http://agriculture.gouv.fr/intoxications-alimentaires-liees-la-consommation-de-farine-de-sarrasin>.

## Bioéthanol : le premier biocarburant mondial !



La culture betteravière est engagée depuis plusieurs décennies dans une démarche de progrès technique et agronomique et se montre également soucieuse de l'environnement. Une illustration emblématique en est le fort développement en Europe et en France en particulier de la production de bioéthanol, principal biocarburant produit à l'échelle mondiale, à partir de cette plante dont le débouché principal demeure naturellement la production de sucre.

Plus de détails sur le bioéthanol avec Alain Jeanroy, Directeur Général de la Confédération Générale des Planteurs de Betteraves. Questions.

### Qu'est-ce que le bioéthanol ?

Le bioéthanol est un biocarburant produit, en France et en Europe, à partir de céréales ou de betteraves à sucre, et destiné aux moteurs à essence.

Aux Etats-Unis, premier producteur mondial, il l'est à partir de maïs tandis qu'au Brésil c'est la canne à sucre qui est utilisée pour le fabriquer. L'éthanol, c'est le seul carburant liquide pour moteurs à essence qui soit immédiatement disponible à coût compétitif et renouvelable puisqu'il est produit à partir de biomasse. Les betteraves et les céréales absorbent le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère en quantité importante, lors de leur croissance grâce à la photosynthèse.

Elles sont ensuite transformées pour produire du bioéthanol, incorporé dans les essences. Le CO<sub>2</sub> rejeté dans l'atmosphère lorsque le moteur fonctionne correspond au CO<sub>2</sub> absorbé lors de la croissance de la matière première végétale.

### A quels objectifs répond la substitution partielle de carburants fossiles par des biocarburants tels que le bioéthanol ?

L'Europe a fait le choix du développement des biocarburants dès 2003. Elle a fixé des objectifs raisonnables et pro-

gressifs de substitution du pétrole par des biocarburants. En effet, ce choix est motivé par plusieurs avantages comme la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, la réduction de la forte dépendance énergétique actuelle ou encore la possibilité d'une production domestique sécurisant les approvisionnements et source de création d'emplois et de richesse dans nos territoires.

### Qu'en est-il de la France ?

La France a suivi cette démarche à son tour en 2005 dans le plan biocarburants pour les mêmes raisons, mais en se fixant des objectifs en-

core plus ambitieux. Le modèle européen et français de développement du bioéthanol repose notamment sur :

- Un bilan environnemental et énergétique systématiquement favorable comparé à la filière essence aussi bien dans une analyse de type ACV (Analyse du Cycle de Vie) qu'au niveau des émissions du véhicule et des polluants à l'échappement.

- Un potentiel agricole et industriel mobilisé pour atteindre les objectifs d'incorporation fixés par le gouvernement français de 7% de bioéthanol





dans les essences en 2010. Les producteurs ont investi plus d'1 milliard d'euros pour développer les capacités existantes et construire cinq nouvelles unités de production de bioéthanol.

**En plus d'être une production respectueuse de l'environnement, le bioéthanol est-il aussi un atout pour l'économie ?**

Tout à fait. La production du bioéthanol contribue à l'économie : c'est plus d'emplois, plus d'indépendance énergétique et moins d'importation de pétrole. Le bioéthanol est donc source de croissance verte.

La France est actuellement le leader européen de la production d'éthanol avec un volume

annuel de 12,5 millions d'hectolitres et ce secteur pèse aujourd'hui près de 9 000 emplois dans notre pays. L'éthanol est actuellement incorporé dans toutes les essences à des taux variables : jusqu'à 10% dans le supercarburant sans plomb SP95-10 et jusqu' à 85% dans le Superéthanol E85. Le SP95-E10 est utilisable par plus de 90% du parc automobile essence en France et représente déjà un tiers des essences vendues sur le territoire en 2014.

Quant au Superéthanol E85, considéré comme le carburant essence le plus économique, il permet les plus fortes réductions d'émissions de gaz à effet de serre. Son usage est réservé aux véhicules à technologie FlexFuel (d'origine ou

équipés d'un boîtier) dont les moteurs peuvent rouler indifféremment au SP98, au SP95, au SP95-E10 ou à l'E85 dans un seul et même réservoir.

**Des avantages directs pour l'automobiliste ?**

Au-delà du bénéfice environnemental apporté par le bioéthanol de façon générale, pour l'automobiliste, l'utilisation de Superéthanol E85 permet de réaliser une économie de 30 à 40 centimes par litre de SP95 remplacé, en tenant compte de la surconsommation, soit une économie annuelle de 300 à 400 euros.

**Chiffres clés**

- 10% d'énergies renouvelables dans le secteur des transports en Europe en 2020
- 60% de réduction d'émissions nettes de gaz à effet de serre en moyenne pour le bioéthanol par rapport à l'essence
- Moins de 3% des surfaces françaises cultivées en betteraves et céréales seront utilisées pour répondre à l'objectif d'incorporation de 7% en 2015

## ONF Energie : Premier fournisseur de bois énergie en France



Créée en 2006, ONF Energie est une société détenue par l'ONF à 93% et par la Fédération nationale des communes forestières, spécialisée dans la production et la commercialisation de plaquette forestières -bois déchiqueté pour usage énergétique.

Rencontre avec Benoît Fraud, directeur général.

### Quel est le rôle de l'ONF?

L'ONF est un établissement public à caractère industriel et commercial qui assure la gestion durable et multifonctionnelle de la forêt publique soit 24% des 16,9 milliers d'hectares des forêts de France (9% de forêts domaniales, 15% de forêts communales et autres) en commercialisant du bois mais également en assurant les missions d'intérêt général qui sont précisées par la LAAF.

L'ONF agit donc au quotidien pour promouvoir le « puits de carbone » de la forêt et du bois au service de la lutte contre le dérèglement climatique, pour préserver la biodiversité et assurer un accueil du public.

De façon générale, l'introduction du débat public dans l'élaboration des plans nationaux et régionaux de la forêt et du bois permettra de mieux partager les choix pour la forêt et le bois avec les citoyens.

### Quelle est donc votre valeur ajoutée?

Notre valeur ajoutée est d'abord basée sur une démarche qui vise à apporter des solutions aux propriétaires de la forêt publique sur la valorisation de produits spécifiques dans le secteur du bois énergie. Je tiens à dire que cette

démarche est impulsée par notre actionnaire ONF.

Notre approvisionnement est donc basé sur des exploitations forestières qui sont au cœur de la sylviculture des propriétaires, notamment publics et nous prélevons des bois qui ne pourraient pas être valorisés dans d'autres filières (ameublement ou papier), car de qualités spécifiques énergie : tordus, faible diamètre...

### Et vos champs d'interventions?

Nous intervenons au niveau des éclaircies, notamment sur les peuplements feuillus, en baissant la densité des arbres pour permettre aux arbres d'avenir de grossir ; auparavant cela était réalisé en travaux, et aujourd'hui c'est valorisable par le biais de la filière énergie. Nous opérons également lors de la récolte de bois d'œuvre, en récupérant les qualités de bois inexploitable par ailleurs.

Structurer la récolte du produit le plus bas de gamme de la filière permet à l'ONF en tant que propriétaire et gestionnaire forestier, de se garantir des débouchés réguliers et à des prix relativement constants sur ce produit bois-énergie, tout en veillant à ce que son développement ne se fasse pas au détriment des

autres filières et usages du bois, en orientant toujours le produit vers le meilleur usage possible.

### Qu'en est-il de l'organisation de votre activité ?

Nous avons développé une logistique assez singulière dans la filière en livrant nos clients à 80% en direct depuis nos forêts. Nos stocks de bois sont broyés et chargés sur place sans transit par une plateforme ou un dépôt, afin de réduire les coûts liés au transport et à la rupture de charges. Ceci nous permet d'offrir des prix compétitifs à l'achat et à la vente.

Grâce à notre SI nous répertorions tous nos stocks en forêt : les lots de bois sont géo-référencés et caractérisés dès leur sortie de parcelle, et intégrés dans notre base de données afin d'optimiser le déclenchement des chantiers en fonction des demandes de nos clients, de l'humidité prévisionnelle de chaque stock...

Nous brassons des flux importants et cet outil nous permet de faire les bons choix.

