



# Editorial

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

## Principe de précaution, ou principe d'innovation ?

Les débats qui ont précédé l'adoption de la charte de l'environnement, avaient mis en évidence que le principe de précaution, intégré à la Constitution en 2005, devait être conçu comme un principe d'action susceptible de restaurer la confiance dans le progrès scientifique en permettant d'anticiper les risques et en affirmant qu'il ne fallait pas opposer l'innovation à la préservation de l'environnement. Cependant, force est de constater que l'application du principe de précaution par les décideurs politiques, voire par les juges, renforce fréquemment les réticences de l'opinion publique envers la science, la méfiance à l'égard de l'innovation et du progrès technique et constitue un frein aux activités de recherche et au développement économique.

De nombreuses personnalités se sont émues de cette situation. Dès 2008, le « rapport Attali » pour la libération de la croissance proposait d'abroger l'article 5 de la Charte de l'environnement relatif au principe de précaution, considéré comme un obstacle à la croissance économique. En 2013, le « rapport Lauvergeon » sur l'innovation à l'horizon 2030 a préconisé l'adoption d'un principe d'innovation, équilibrant le principe de précaution et montrant que l'Etat soutient les initiatives. Le Sénat, à son tour vient d'adopter une proposition de loi constitutionnelle visant à modifier la Charte de l'environnement pour exprimer plus clairement que le principe de précaution est aussi un principe d'innovation, puisque sa bonne application repose, en fait, sur le développement des connaissances scientifiques et de l'innovation et loin d'encourager l'obscurantisme, rend indispensables la diffusion des résultats de la recherche, la transparence et le débat.

L'Académie d'agriculture est tout à fait en phase avec ces positions, qui rejoignent l'avis exprimé conjointement le 15 février dernier par les Académies des Sciences, des Technologies et de l'Agriculture, à la suite du colloque qu'elles ont tenues à l'Institut de France sur les plantes génétiquement modifiées et qui concluait : « La recherche publique doit conserver et développer ses capacités d'expertise au service de tous, notamment par l'expérimentation. Les Académies demandent que les questions scientifiques et agronomiques touchant aux plantes génétiquement modifiées soient approfondies sur des bases objectives. Ceci implique de restaurer la liberté de mener des recherches et des essais, y compris l'expérimentation en plein champ et sur le long terme. »

Nous l'avons réaffirmé dans un communiqué de presse le 28 mai dernier, à la suite du jugement de la Cour d'appel de Colmar du 14 juin, qui prononçait la relaxe des faucheurs d'un essai au champ d'une vigne génétiquement modifiée, conduit par l'INRA, au motif de son illégalité, alors qu'il avait fait l'objet des autorisations nécessaires. Or il s'agissait d'expérimenter avec toutes les précautions possibles l'utilisation d'une variété susceptible de résister au court-noué de la vigne. Interdire cette expérimentation revient à empêcher les chercheurs de trouver des solutions, sur des bases scientifiques, à des problèmes urgents à régler.

Le principe de précaution, appliqué au premier degré, ne permet pas de faire progresser les connaissances. Seules l'expérimentation et l'innovation sont sources de progrès.

Promouvoir la recherche, l'innovation et le progrès technologique constituent, plus que jamais, un impératif catégorique.



*Miss Better*

La

**Betterave  
Sucrière**

Française

Ici et ailleurs It's BETTER !

En France, en Europe et dans le monde, la betterave sucrière française apporte le plaisir du sucre et l'énergie du bioéthanol.



Retrouvez Miss Better sur Facebook : [facebook.com/MissBetter](https://facebook.com/MissBetter)

# Sommaire

## ■ DOSSIER P.33

### A la recherche de nouveaux systèmes de culture

- Les méthodes de conception et d'évaluation pour des systèmes de culture innovants p. 34  
par Jean-Marc Meynard et Marie-Hélène Jeuffroy
- L'évolution des systèmes de culture en France depuis les années 1970 p. 36  
par Catherine Mignolet et Laurence Guichard
- Les systèmes basés sur des associations d'espèces avec légumineuses p. 41  
par Guénaëlle Corre-Hellou
- L'Agriculture de conservation au Brésil : sa diffusion et ses performances p. 44  
par Eric Scopel et Lucien Séguy
- Mise en place de systèmes de culture innovants p. 48  
par Quentin Delachapelle
- Les chemins de la diversification des cultures p. 50  
par Jean-Marc Meynard et Marie-Hélène Jeuffroy

## ■ Actualités p. 6

- Le programme de travail 2014-2015 de l'Académie d'agriculture p. 6  
par Gérard Tendron
- La nouvelle PAC et sa déclinaison française p. 11  
par Gilles Bazin
- Prairies, Environnement et Territoires p. 17  
par Gilles Lemaire

- Élevage équin : pour de nouveaux outils de sélection p. 23  
par Pierre Thivend

## ■ Tribune Libre p. 26

- Évolution des relations Climat-agronomie-environnement et sociétés p. 26  
par Alain Perrier

## ■ Futurs p. 52

- Science et Protection intégrée des plantes cultivées p. 52  
par Jean-Louis Bernard

## ■ C'était hier p. 62

- Trente années de regards sur la forêt p. 62  
par Andrée Corvol-Dessert

## ■ FOCUS DES ENTREPRISES p. 67

- La viande a-t-elle sa place dans l'alimentation durable ? p. 68  
Pierre-Michel Rosner
- Les semences, premier maillon de la sécurité alimentaire p. 71  
Catherine Dagorn
- L'innovation dans l'agriculture au fur et à mesure des dernières découvertes p. 71  
Marie-Claire Grosjean-Cournoyer et Olivier Deneufbourg
- La préservation de la forêt publique est l'affaire de tous p. 72  
Bruno Bertheloz
- Bioéthanol : le premier biocarburant mondial ! p. 73  
Alain Jeanroy





**Gérard Tendron**

Ingénieur général honoraire du Génie rural, des Eaux et des Forêts

Ancien Président de section au Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux

## Gérard Tendron

Secrétaire perpétuel de l'Académie d'agriculture

### Le programme de travail 2014-2015 de l'Académie d'agriculture

**Les réflexions engagées en 2012 à l'occasion de la révision de nos statuts sur le rôle que nous voulons voir jouer par notre Compagnie ont conduit à afficher clairement une priorité : l'Académie d'agriculture de France se positionne à l'interface de la science et de la société, avec pour mandat d'éclairer les citoyens et les décideurs sur les évolutions actuelles et futures dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement.**

L'actualisation du programme de travail pour l'année académique 2014-2015 nous a conduits à programmer des actions pour assurer le rayonnement de l'Académie, ainsi que des modalités de recrutement de nouveaux membres afin d'assurer au mieux nos missions.

#### L'ACTUALISATION DU PROGRAMME DE TRAVAIL

Le cadrage par grands thèmes opéré en 2012 a montré son utilité, même s'il ne faut pas exclure de le rééquilibrer progressivement pour tenir compte des activités prédominantes des sections et de leurs projets précis pour la période 2014-2015.

Le choix des thématiques rappelées ci-après a été guidé par les enjeux

de société qu'elles représentent et la volonté de notre Académie d'apporter sa contribution et ses éclairages aux débats.

#### 1 - Produire mieux et plus pour nourrir les hommes

Dans ce cadre, l'Académie mettra plus particulièrement l'accent en 2014-2015 sur deux grands thèmes : les sols (Année internationale des sols) et les perspectives en terme de réduction des pollutions liées aux phytosanitaires.

##### • Les sols

Les sols sont le support de la croissance des végétaux, et l'habitat de nombreuses espèces vivantes. Ils remplissent de nombreuses fonc-

tions : recyclage de nos déchets, régulation du cycle de l'eau, etc. La préservation de la qualité des sols (physique, chimique, biologique) et de leur rôle dans le fonctionnement des agro-systèmes et des systèmes forestiers est donc un enjeu stratégique majeur. De même, la qualité des sols et l'utilisation des intrants ont des conséquences économiques en matière de production. En outre, on assiste à la disparition de surfaces importantes de sols agricoles du fait de l'étalement urbain. Par ailleurs, en France, c'est environ 20 % du territoire qui est sujet à une érosion. Il en résulte une perte considérable, souvent irréversible à l'échelle humaine, de sols productifs, alors même que l'on s'inquiète d'une forte augmentation de la population mondiale. Les Nations Unies ont proposé que l'année 2015 soit l'Année internationale des sols. A cette occasion, et compte tenu des nombreuses compétences de notre Académie en cette matière, un groupe de coordination inter sections va proposer un programme concernant des séances publiques, des groupes de travail et la valorisation envisagée de nos travaux. D'ores et déjà, un certain nombre de thèmes ont été proposés :

- Les sols en relation avec les êtres vivants, le climat et la société
- Des sols forestiers durables pour une gestion forestière durable
- Processus de formation et d'évolution des sols, et tendances actuelles de leur évolution y compris sous l'influence du climat
- Ecologie microbienne dans les sols
- Impact de différentes pratiques agricoles sur la qualité des sols
- Conséquences de l'expansion des zones urbaines au détriment des surfaces agricoles
- Sols et qualité des aliments



La préservation de la qualité des sols représente un enjeu stratégique majeur.

- Réduction des produits phytosanitaires et qualité des aliments

• *Pour une utilisation raisonnée des pesticides et des phytosanitaires*

A la suite du Grenelle de l'Environnement, le plan Ecophyto 2018 visait à réduire progressivement l'usage des pesticides en France, de 50% si possible, d'ici à 2018. Quant à la Directive cadre européenne sur l'eau elle avait fixé une première échéance en 2015 pour l'amélioration de la qualité des eaux. Dans ce contexte, on peut envisager un premier bilan des progrès réalisés dans le domaine de l'utilisation des pesticides et des phytosanitaires, ainsi que dans l'identification des difficultés apparues dans l'application de ces politiques. Il s'agit aussi, de dégager des perspectives quant aux moyens de lutte contre les ravageurs qui pourraient contribuer à réduire la pression des polluants chimiques. Plusieurs sections ont fait des propositions qui pourraient faire l'objet d'une plus grande coordination dans le cadre

des activités de notre Académie afin qu'elle se positionne comme source d'information et de prospective :

- Systèmes de cultures économes en pesticides
- Impacts et transferts des polluants
- Exposition des utilisateurs et des populations aux résidus des produits phytosanitaires
- Flore adventice et herbicides
- Antibiorésistance
- Mimétiques hormonaux
- Méthodes bio-intensives de protection des plantes
- Bilan des mesures agroenvironnementales
- Maîtrise des ravageurs

**2 - Adapter la gestion des écosystèmes agricoles et forestiers aux changements globaux**

Ce thème sera abordé sous l'angle des perspectives en agriculture et élevage.

Les évolutions des systèmes de production sont inéluctables dans la pers-



Développer des liens entre élevage et territoire.

pective des bouleversements démographiques et climatiques à venir. Leur productivité doit être appuyée d'une part sur des pratiques soucieuses de la préservation des ressources environnementales, d'autre part sur une insertion territoriale garante de leur compétitivité durable. Les nouvelles technologies et les nouvelles ressources génétiques devront être adaptées à ces nouveaux objectifs. La plupart des sections font une large part à ces questions, au cœur de la diversité des compétences de l'Académie. Elles peuvent être regroupées en trois ensembles :

● **Ancrage territorial**

- Systèmes agro-forestiers en zone tropicale et en zone tempérée
- Construire des liens entre élevages et territoires
- Agriculture, filières et sécurité alimentaire

● **Nouvelles technologies et leurs impacts :**

- Nouvelles technologies et leurs applications en agriculture

- Impact de la sélection génomique dans les différents élevages
- Robotique et télédétection en agriculture
- Evolution de la mécanisation de l'agriculture

● **Evolution des systèmes de production et impact environnemental**

- Gestion des agro-écosystèmes
- Protéines végétales
- Horticulture ornementale
- Surveillance biologique du territoire
- Agriculture biologique
- Potentiels de la science
- Adaptation de la conduite des cultures au manque d'eau

● **Adaptation de la gestion forestière**

- Politique forestière européenne et nationale : stratégie de filière
- Santé des forêts

● **Climat et société : évolutions et crises**

**3 - Intégrer les politiques agricoles, environnementales et territoriales**

Les secteurs agricoles et forestiers

occuperont une place majeure dans la perspective d'une « bio-économie » fondée sur l'utilisation de matières premières largement renouvelables et à faible empreinte carbone.

Mais la dynamisation de cette approche essentielle suppose l'apport de réponses à de nombreuses et importantes questions de nature politique, économique, technologique et environnementale.

L'intégration en cours et à vive allure des politiques agricoles, environnementales et territoriales suppose de bien suivre les effets des décisions politiques prises au niveau de la PAC, du « Farm bill » américain et des accords de libre-échange entre l'Amérique et l'Union européenne. Aussi convient-il d'informer les pouvoirs publics et les organisations professionnelles des modalités d'application de ces réformes et des ajustements nécessaires face à des filières très inégalement favorisées. Par ailleurs, aboutiront les réflexions sur l'insécurité alimentaire croissante et l'indispensable traitement de ses conséquences.

A la suite de l'Année internationale et de la séance consacrée aux agricultures familiales, il faut continuer à s'interroger sur l'avenir de ces agricultures, quant aux formes à promouvoir et aux politiques publiques à mettre en œuvre, avec un regard appuyé au plan international.

Parallèlement, il y a lieu de réfléchir à l'important segment des exploitations dites « non-professionnelles » en France et en Europe, où elles sont très peu aidées par les politiques publiques. Et ainsi, au total, de se pencher sur la question de l'emploi agricole, cruciale dans un contexte

d'internationalisation du marché du travail.

Les principaux sujets abordés concernent :

- Les agricultures familiales : politiques publiques, emploi agricole, question territoriale, exploitations non professionnelles
- La PAC et la politique agricole
- Agriculture, filière et sécurité alimentaire
- La place des secteurs agricoles et forestiers dans la bio économie, la croissance verte et la transition écologique
- L'agroforesterie
- La surveillance biologique du territoire et la biovigilance
- L'autonomie et les interdépendances territoriales
- Les schémas régionaux de cohérence écologique
- La rémunération des services environnementaux rendus par la forêt

#### **4 - Contribuer au débat sur « Innovations et acceptabilité sociale »**

Cette thématique sera abordée sous l'angle « agriculture et société ».

La sensibilité de citoyens de moins en moins au contact de l'agriculture, mais d'autant plus porteurs d'une certaine vision de la nature et du naturel, renforce l'impératif pour notre Compagnie de s'interroger sur l'acceptabilité du progrès scientifique lorsqu'il concerne le vivant, la production végétale et animale, l'alimentation humaine. Les décideurs politiques se laissent guider par l'opinion publique ainsi façonnée et invoquent le principe de précaution pour interdire la poursuite ou l'exploitation d'innovations qui pourraient être utiles au développement d'une agriculture

durable et compatible avec les exigences écologiques.

Un enjeu fort pour l'Académie est donc d'analyser les blocages de la société et, par des éclairages appropriés, de réhabiliter l'image environnementale de l'agriculture et de restaurer une vision positive de l'élevage. L'ensemble des sections a pris en main ce défi.

#### **• L'acceptabilité sociale des innovations à finalité agricole**

- Sciences et techniques en général
- Nouveaux outils scientifiques en élevage
- Philosophie des normes

#### **• La sécurité des aliments**

- La qualité du point de vue du consommateur (nutrition, toxicologie)
- Maîtrise de l'écologie microbienne des produits alimentaires
- L'alimentation périnatale
- Les additifs et autres composés utilisés pour l'alimentation
- La sélection variétale et la qualité alimentaire
- Sécurité sanitaire et nutritionnelle
- Le gaspillage alimentaire
- Technologies de l'alimentation
- Nanotechnologies, qualité et sécurité des aliments

#### **• Le bien-être animal**

- Blocages sociétaux par rapport aux conditions d'élevage
- Statut de l'animal dans le Code civil
- Clonage animal et directive européenne
- Les animaux dans la guerre de 1914-1918
- Animal et éthique

#### **• La représentation du monde rural**

- Construction de " l'objet rural"
- Représentation du monde rural en France et à l'étranger

### **RAYONNEMENT DE L'ACADÉMIE**

L'Académie a mené en 2013 une réflexion sur son rôle et son rayonnement dans la société actuelle.

Pour cela elle s'est d'abord dotée, en 2013, de moyens techniques, évoqués précédemment (nouveau site web, retransmission vidéo des séances et archivage de ces vidéos, Revue de l'Académie d'Agriculture, lettre électronique...). Elle poursuivra en 2014-2015 les réflexions entamées depuis 2012 autour de quatre grands objectifs :

#### **• Susciter une meilleure implication des membres étrangers de notre Académie à ses travaux.**

Le Groupe de travail « International » qui a été mis en place en 2013 fera des propositions concrètes dans ce sens. Il traitera aussi de nos implications dans le cadre du GID (Groupe inter-académique pour le développement) et des Académies européennes ;

#### **• Mieux faire connaître l'Académie et ses travaux auprès des jeunes, notamment dans les grandes écoles relevant de l'Enseignement agricole.**

Ici encore un groupe de travail « Relations Académie/enseignement supérieur agricole » prépare un programme de travail pluriannuel qui devrait être mis en œuvre rapidement ;

#### **• Faire reconnaître les capacités d'expertise de l'Académie auprès**

**des instances ministérielles ou juridiques.**

Il nous faut pour cela identifier des thématiques et des commanditaires éventuels, et activer tous les réseaux que les uns et les autres peuvent entretenir avec des commanditaires institutionnels.

• **Participer à l'exposition universelle de Milan en 2015 dont le thème « Nourrir la planète, énergie pour la vie »** correspond aux préoccupations de l'Académie.

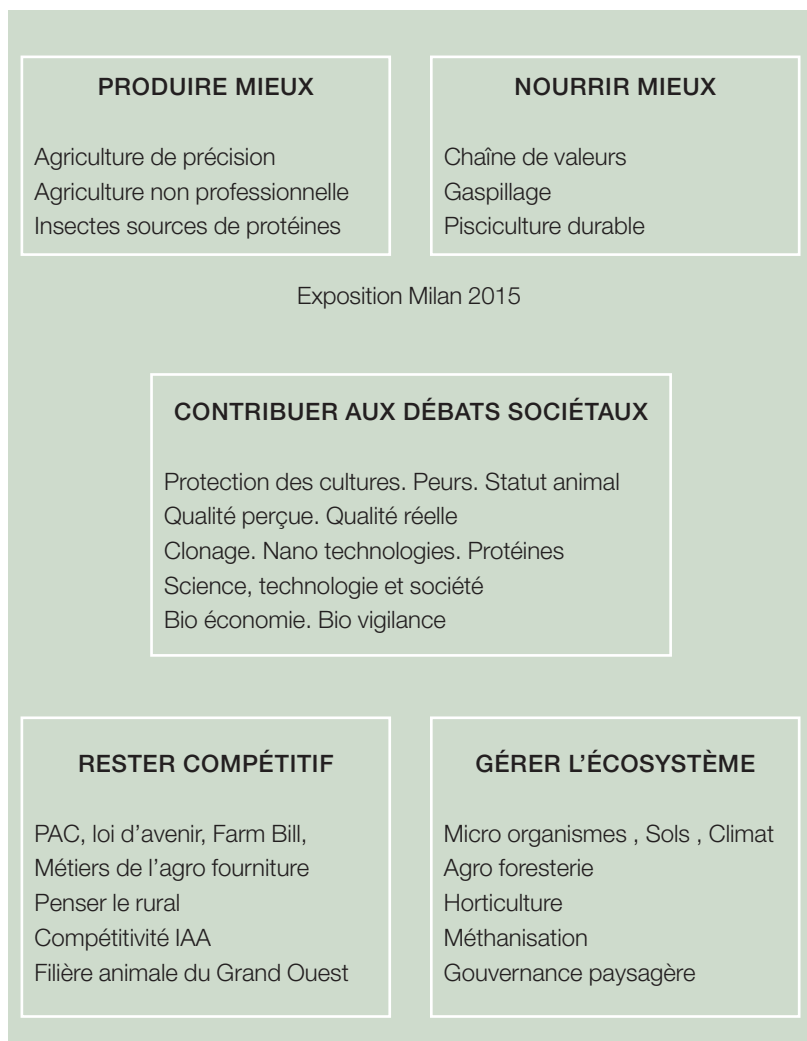
L'AAF apportera sa contribution aux quatre piliers thématiques du Pavillon français : « produire plus et mieux », « développement de modèles alimentaires durables », « amélioration des capacités d'autosuffisance alimentaire des PVD » et « alliance de la quantité et de la qualité ».

**RECRUTEMENT DE NOUVEAUX MEMBRES**

L'abaissement progressif de l'âge de l'honorariat et de l'éméritat de quatre-vingt à soixante-quinze ans va permettre, dans les années qui viennent, des recrutements plus nombreux de membres correspondants et des promotions plus rapides de membres titulaires.

Il conviendra de veiller à recruter en priorité des personnalités apportant à l'Académie les compétences qui lui sont indispensables pour conduire ses missions et réaliser son programme de travail, en ayant la préoccupation de faire une place suffisante à des candidats ayant, ou ayant eu, une activité en liaison directe avec les milieux professionnels.

**Tableau synoptique du programme de travail 2014-2015**



Par ailleurs, ces nouveaux recrutements doivent être l'occasion de sélectionner des candidats encore en activité, susceptibles d'apporter à l'Académie les connaissances les plus actuelles dans les domaines des sciences et des techniques, et qui s'engagent, malgré leurs charges professionnelles, à en faire bénéficier l'Académie en organisant des séances publiques, en participant à des groupes de travail ou en appor-

tant leurs contributions aux débats conduits au sein de notre Compagnie.

Enfin, il conviendra de féminiser le recrutement afin de bénéficier des talents de personnalités qui ont acquis des compétences reconnues et occupent des responsabilités importantes, et de mieux équilibrer la population d'académiciens, qui à terme devrait comprendre autant de femmes que d'hommes. ■





**Gilles Bazin**

Membre de l'Académie  
d'agriculture de France  
Professeur émérite de politique  
agricole, AgroParisTech

## Gilles Bazin

Membre de l'Académie d'agriculture

### La nouvelle PAC et sa déclinaison française

**Après un rappel des grandes évolutions de la PAC depuis sa création en 1962, cet article analyse les objectifs et les moyens de la nouvelle PAC 2014-2020 et les perspectives qu'elle ouvre à l'agriculture française. On s'interrogera sur l'intérêt de certaines mesures (verdissement et redistribution des aides notamment) mais aussi sur les limites de la réforme qui ne remet pas en cause le modèle de restructuration des exploitations destructeur d'emplois et faiblement créateur de valeur ajoutée.**

#### LES GRANDES ÉTAPES DE LA PAC

Politique fondatrice de l'Europe, les objectifs de la PAC sont définis dans l'article 39 du traité de Rome (toujours d'actualité) :

- l'amélioration de la productivité de l'agriculture en développant le progrès technique et en optimisant l'emploi des facteurs de production (notamment la main d'œuvre),
- l'assurance d'un niveau de vie équitable à la population agricole,
- la stabilisation des marchés,
- la garantie de sécurité des approvisionnements,
- l'assurance de prix raisonnables aux consommateurs.

Leur mise en œuvre repose sur trois principes fondateurs :

- **L'unicité des marchés agricoles** : libre circulation des biens entre les Etats membres, gestion des marchés agricoles avec des instruments d'intervention communs (prix minimums pour certains produits, stockage, protection aux frontières et restitutions à l'exportation...).
- **La préférence communautaire** : résulte de la protection du marché agricole intérieur par des droits de douane très élevés sur la majorité des produits (hormis le soja américain).
- **La solidarité financière** : le financement de la PAC est assuré par un le Fonds européen d'orientation et de garantie agricole (FEOGA) dont la France aura toujours été la première bénéficiaire avec près de 20% des crédits (soit 9,5 milliards d'euros en 2012 auxquels il faut ajouter

près de 2 milliards d'euros de financements nationaux).

Protégés des fluctuations de prix des marchés mondiaux (au moins pour les grandes productions), les agriculteurs européens, soutenus par la recherche, accroissent leur productivité du travail à un rythme de 4 à 5% par an en accroissant les rendements par hectare et le nombre d'hectares cultivés par travailleur. On assiste alors à une gigantesque substitution du travail par le capital (motorisation, chimisation...) qui aboutit à une réduction continue du nombre d'exploitations et d'actifs agricoles (divisé par quatre en France depuis 1960);

### LE TEMPS DES RÉFORMES

La PAC avait été conçue pour réguler des marchés qui pouvaient connaître des excédents conjoncturels. Lorsque la surproduction en céréales, viande, lait, devient structurelle, les coûts de gestion de la PAC s'envolent (de 10 milliards € en 1980 à 30 milliards en 1990 – graphique 1) et la PAC est accusée par le GATT (non sans raison) de déstabiliser les marchés agricoles internationaux en déversant ses excédents subventionnés. Dans cette situation deux types de solutions sont possibles. Soit on gère l'offre par des quotas de production (solution qui sera choisie pour le lait en 1984), soit on baisse les prix garantis (solution choisie pour les céréales et la viande bovine en 1992 et 2000 avec des baisses respectives des prix de 45% et 30% compensées par des aides directes par hectare et par animal). C'est l'origine des aides directes perçues par les éleveurs et les céréaliers et qui restent leurs références historiques quasiment inchangées jusqu'à la réforme actuelle (non plafonnées, elles s'élèvent en France à 350€/

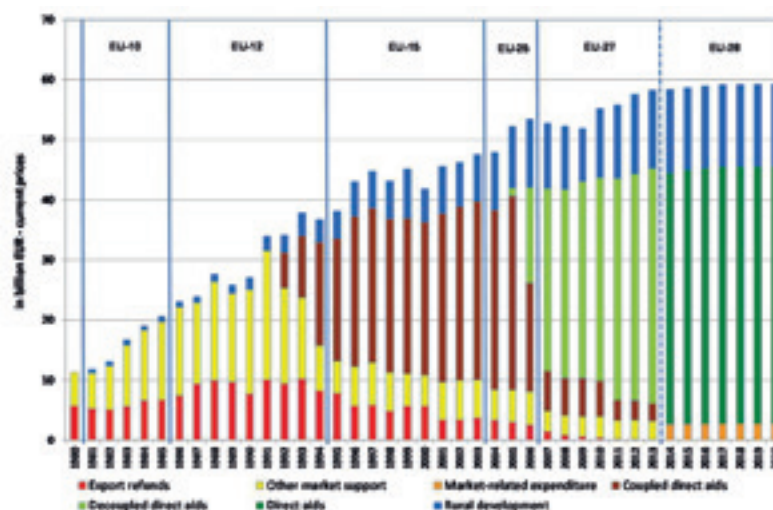
hectare en moyenne pour ceux qui en perçoivent, ce qui n'est pas le cas des maraîchers, arboriculteurs ou viticulteurs).

En 2003, nouvelle réforme, qui se caractérise par le quasi abandon des outils d'intervention et de régulation des marchés agricoles (d'où la volatilité de plus en plus forte des prix agricoles européens). Les aides sont majoritairement découplées de la production (c'est-à-dire qu'elles ne sont plus dépendantes de telle ou telle production mais qu'elles sont perçues sous forme de Droit à paiement unique (DPU) par hectare, quelle que soit la production, même en cas de gel des terres). Il s'agit, pour la Commission, « d'inciter les producteurs à s'adapter aux marchés » (en oubliant l'importance des capitaux fixes mobilisés par chaque production qui limite les choix). Le versement des aides est depuis 2005 subordonné au respect de 19 réglementations européennes concernant « les bonnes pratiques agricoles et environnementales » mais moins de 5% des exploitations sont contrôlées chaque année. Sur un budget de la PAC de

55 milliards d'euros en 2013, 37 milliards sont des aides directes (premier pilier), dont 32 milliards sont découplées et attribuées chaque année aux mêmes agriculteurs quels que soient les prix. Le développement rural (ou deuxième pilier) qui soutient l'agri-environnement, les zones défavorisées, l'installation des jeunes agriculteurs... mobilise 15 milliards d'euros auxquels il faut ajouter les cofinancements nationaux qui vont de 25 à 50% selon les Etats.

Les effets pervers de cette PAC sont nombreux. Les aides par hectare non plafonnées, assimilables à une rente, encouragent l'agrandissement au détriment de l'emploi agricole. Ainsi le nombre d'unités de travail agricole dans l'UE 27 (UTA équivalent temps plein) est passé de 15 millions en 2000 à 10 millions en 2012. Cette rente peut être vendue à d'autres agriculteurs avec ou sans la terre (c'est la première fois à ma connaissance qu'une aide publique se monnaie sur le marché !) et tend à renchérir le prix de la terre et le coût de l'installation. Les aides découplées des prix deviennent injustifiables en

Evolution des dépenses de la PAC de 1980 - 2020



### Rappel du contexte: 3 années de débats et de négociations entre la Commission, le Parlement et le Conseil

- 18 novembre 2010 : Communication de la Commission « La PAC à l'horizon 2020 » après un débat public dans l'UE
- 12 octobre 2011: Propositions législatives de la Commission pour la PAC
- 2011-2013: débat au Parlement européen et au Conseil
- 26 juin et 25 septembre 2013: Accord sur le cadre financier global de l'UE 2014-2020 et sur les moyens de la future PAC
- 2 octobre 2013: discours de F. Hollande au sommet de l'élevage sur la déclinaison française de la PAC
- 1<sup>er</sup> janvier 2014 fin des négociations françaises pour une mise en œuvre en 2015

période de forte hausse des cours, ce qui est le cas des céréales depuis quelques années<sup>1</sup>. D'autant que certaines productions en difficulté comme les fruits et légumes sont très peu soutenues. Source d'inégalités entre les producteurs, les filières et les régions agricoles européennes cette PAC devait être réformée.

### LA PAC 2014-2020 ET SA DÉCLINAISON FRANÇAISE

Les débats concernant la future PAC sont indissociables du débat budgétaire (la PAC représente encore plus de 40% des crédits européens). Pour la première fois le Parlement européen est en codécision avec le Conseil européen sur ces dossiers. Les négociations dureront trois années (voir encadré).

Les trois grands objectifs affichés en 2011 par le Commissaire à l'agriculture, Dacian Cioloș (ex ministre de l'Agriculture roumain et sensible à la question du rééquilibrage et du verdissement des aides directes), sont ambitieux :

- 1) Assurer une production alimentaire durable et de qualité :**
- un revenu agricole viable et stable.

une meilleure répartition de la valeur ajoutée dans la chaîne agroalimentaire;

### 2) Assurer une gestion durable des ressources :

- favoriser la fourniture de biens publics environnementaux et la croissance agro-écologique par l'innovation.
- atténuer les changements climatiques et s'y adapter;

### 3) Assurer un développement territorial équilibré

- qui soutienne l'emploi rural.
- qui promeuve la valorisation des ressources locales et la diversification.
- qui permette le maintien de la diversité structurelle des exploitations;

### Pour y parvenir la Commission propose une révision des objectifs et des moyens des deux piliers :

- Un premier pilier plus axé sur l'écologie et plus équitable : un dispositif de paiements directs à plusieurs niveaux remplacera les DPU historiques et tous les hectares seraient concernés avec :
  - un taux de base par Etat ou par région (DBP ou Droit à paiement de base) servant de soutien au revenu

(découplé et conditionné) qui pourrait être réduit à partir d'un certain niveau (150 000€) et plafonné au-delà de 300 000€,

- un soutien écologique obligatoire représentant 30% de l'enveloppe au moyen d'actions agroenvironnementales simples ou « verdissement » des aides,
- un paiement complémentaire optionnel dans les zones à contraintes naturelles (montagne, marais...),
- un paiement couplé à la production, optionnel, pour certains secteurs (bovins, ovins, protéines végétales...) et régions fragiles d'un point de vue économique ou environnemental,
- un régime spécifique pour les petites exploitations (forfait de 500 à 1250€) et les jeunes agriculteurs (augmentation des paiements directs pendant cinq années).

- Un second pilier (développement rural) davantage orienté vers la compétitivité, l'innovation, les changements climatiques et l'environnement, censé rémunérer la production de biens publics et de services environnementaux produits contractuellement par les agriculteurs.

Mais le débat entre Etats membres se focalise rapidement sur la question budgétaire dont dépendra l'ampleur des moyens proposés pour la future PAC (dont la plupart des Etats du Nord de l'UE cherchent à réduire le coût). Finalement (conclusions du Conseil européen du 25 septembre 2013), et pour la première fois, le

<sup>1</sup> Les Etats-Unis, qui mettaient en œuvre des aides découplées depuis 1996, viennent de les supprimer (soit 5 milliards \$) dans leur nouveau Farm Bill 2014-2020.

budget de l'UE va baisser de 3,5% et celui de la PAC de 12% en euros courants (ce qui fera environ 20% en termes réels au taux d'inflation actuel). Symptomatique de la poursuite de la dérégulation des marchés agricoles, les mesures d'intervention diminuent de 9 milliards d'euros (41%), alors que le fond de crise n'est doté que de 2,5 milliards d'euros sur 7 années, bien en deçà des besoins en cas de grave crise sanitaire ou de marché. Par ailleurs les dernières mesures de gestion de l'offre, sont supprimées (quotas laitiers en 2015 et quotas sucriers en 2018) ouvrant un avenir incertain pour ces producteurs. Ceci étant il reste des moyens : une cinquantaine de milliards d'euros par an à se partager. Le rééquilibrage du budget entre Etats va rester limité (quelques %) alors que les différences de soutien par hectare vont de 1 à plus de 4 (100€/ha en Roumanie et dans les Pays Baltes contre 269€/ha en moyenne UE et plus de 450€/ha aux Pays Bas). Le seuil minimum est fixé à 196€/ha en moyenne nationale en 2020. Dans ce grand marchandage, la France tire bien son épingle du jeu avec un budget qui ne baisse que de 4,2% soit plus de 9 Md€ sans la part française : 7,7Md€ pour le 1er pilier (dont 7,5 pour les paiements directs) et 1,4 Md€ pour le 2e pilier.

**Un dispositif de paiement européen à étages remplace le paiement unique (DPU) à partir de 2015 avec beaucoup de flexibilité pour les Etats**

- **Droit à Paiement de Base (DPB): obligation de sortir progressivement des aides historiques (DPU) vers une aide au revenu plus uniforme (60% de convergence minimum en 2019, limitation optionnelle de réduction DPB de 30% max), obligatoire**
- **Paiement « vert » aux pratiques bénéfiques au climat et à l'environnement (30% de l'enveloppe nationale des paiements directs), obligatoire**
- **Paiements Jeunes agriculteurs (2% max.), obligatoire**
- **Aides pour les Zones à contraintes naturelles (5% max.), facultatif**
- **Aides recouplées : 13% + 2% pour les protéines, facultatif**
- **Un soutien petit agriculteur (10% des paiements max ; forfait de 1250 € max remplaçant toutes aides du P1 reçues), facultatif**
- **Paiement redistributif sur les 30 1<sup>er</sup> ha ou jusqu'à la SAU moy nat; limité à 30% de l'enveloppe – L'EM calcule cette aide en multipliant par 65% maximum la valeur moyenne du DPB national ou régional ; facultatif**
- **La possibilité de moduler les aides à partir de 150 000€ et de les plafonner à 300 000€ (coûts salariaux déduits), facultatif**

Enfin dans la nouvelle conception des paiements directs de la PAC présentée dans le tableau ci-dessous, les marges de manœuvre de chaque Etat, entre mesures obligatoires et facultatives, niveau de convergence et de redistribution des aides nationales, définition des « agriculteurs actifs », recouplage des aides, soutien aux zones à handicaps ...sont très élevées. La Commission s'en félicite, arguant d'une adaptation de la PAC à la réalité agricole et budgétaire de chaque Etat, mais on peut aussi considérer que cette flexibilité marque la fin de la PAC. La Politique

agricole commune est devenue une politique à la carte avec un accroissement des risques de distorsion de concurrence entre Etats membres, notamment ceux qui n'ont plus les moyens budgétaires de soutenir le 2e pilier.

Les mesures de verdissement des aides (30% du budget des paiements directs) présentées ci-dessous renforcent faiblement la conditionnalité des aides introduite en 2005 et d'après l'INRA, plus de 80% des agriculteurs français devraient satisfaire au paiement vert sans changement de pratiques.

Les manifestations des céréaliers français en novembre 2013 se focalisaient sur l'obligation d'accroître les surfaces d'intérêt écologique de 3% actuellement, à 5% en 2015 (c'est-à-dire essentiellement les surfaces en jachères dans les plaines d'*open field*) et surtout sur la mise en œuvre d'un paiement redistributif vers les petites et moyennes exploitations à l'échelle nationale.

**Evolution du budget de l'UE entre 2007-2013 et 2014-2020**

Budget pour 7 années	Situation 2007-2013	Accord 2014-2020	% évolution
<b>UE (Mds€)</b>	<b>1033,5</b>	<b>996,8</b>	<b>-3,5%</b>
<b>Dont PAC</b>	<b>420,7</b>	<b>373,2</b>	<b>-12%</b>
-dont premier pilier (dont fond de crise)	315,9	277,8	-13%
(dont mesures marché)	21,7	12,7	-41%
-dont second pilier	96,6	84,9	-13%
<b>Dont Compétitivité et cohésion</b>	<b>444</b>	<b>450,8</b>	<b>+1,3%</b>
<b>% des dépenses de la PAC dans budget UE</b>	<b>40,7%</b>	<b>37,4%</b>	

## Le verdissement des aides directes

- **Diversification des cultures: 2 cultures obligatoires si terres arables comprises entre 10 et 30 ha ; 3 cultures si terres arables > 30 ha, la principale culture devra être <75% et les deux autres > 5% chacune;**
- **Maintien des prairies permanentes à 95% (2014 année de réf. Ratio national, régional ou sous-régional);**
- **5% en 2015 puis 7% (?) en 2017 de surfaces d'intérêt écologique pour les exploitations de plus de 15ha à l'exclusion des surfaces consacrées aux prairies permanentes, (concerne les terres mises en jachère, terrasses, particularités topographiques, bandes tampons) certaines cultures possibles ?**
- **Les exploitations certifiées en agriculture biologique reçoivent ipso facto ce paiement « vert »**
- **En option : avoir des pratiques au moins équivalentes aux trois mesures via les MAE ou schémas nationaux de certification environnementale**

## LA MISE EN ŒUVRE FRANÇAISE DE LA PAC

En France, où les aides directes de la PAC représentent l'équivalent du revenu agricole de la ferme France certaines années, le débat s'est cristallisé sur les objectifs et les possibilités de redistribution des soutiens publics. La possibilité d'un plafonnement des soutiens par travailleur agricole favorable à l'emploi (proposée de longue date par la Confédération paysanne) n'ayant jamais été à l'ordre du jour de la Commission, le Ministre de l'agriculture a proposé la possibilité de redistribuer progressivement 30% des paiements directs en renforçant le soutien sur les premiers hectares jusqu'à la moyenne nationale (soit 52 hectares en France). Cette option a le mérite de renforcer les soutiens dans les exploitations petites et moyennes d'élevage, d'arboriculture ou de maraîchage, créatrices d'emplois et de valeur ajoutée.

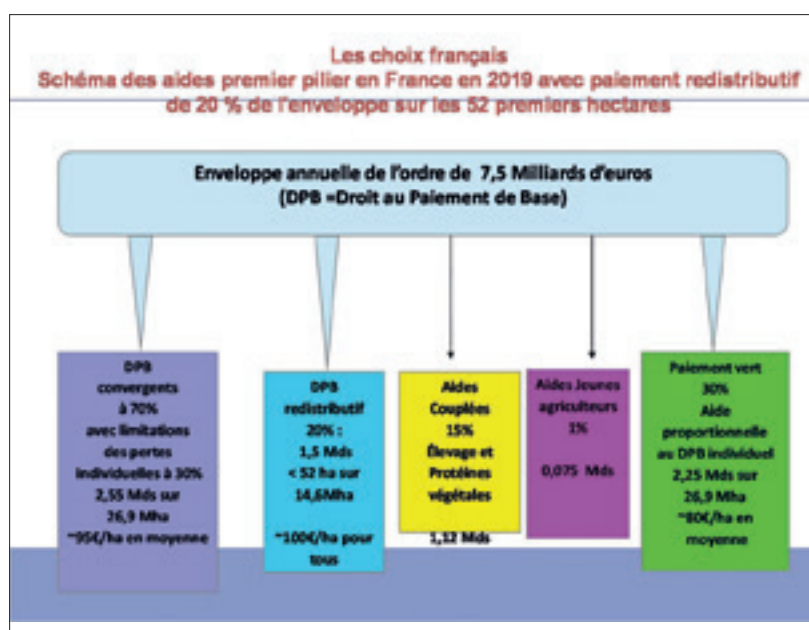
Le discours du Président Hollande au sommet de l'élevage du 2 octobre 2013 entérine ces choix, en limitant cependant la redistribution à 20% de l'enveloppe, soit un bonus de l'ordre de 100€/ha en 2020 pour les 52 premiers hectares de toutes les exploi-

tations (cf graphique ci-dessous). Globalement on assistera à un transfert progressif de l'ordre de 1 milliard d'euros (sur 7,5 milliards de paiements directs) vers l'élevage, les agricultures de montagne et le renforcement des soutiens à l'installation des jeunes agriculteurs au détriment des exploitations de grandes cultures et d'élevage intensif.

Les travaux de simulation de l'impact de la réforme sur l'évolution des aides et des revenus agricoles réalisés par l'INRA (V. Chatellier 2013<sup>2</sup>) montrent

un effet redistributif non négligeable depuis les exploitations de grandes cultures (ou les revenus sont actuellement les plus élevés) vers les exploitations d'élevage bovins et ovins ou ils sont les plus faibles. Mais les autorités nationales n'ont pas utilisé toutes les marges de manœuvre laissées à leur disposition. Ainsi, la convergence des aides directes découplées entrera en application progressivement (sur quatre années) et ne sera que partielle au terme de la réforme (à hauteur de 70% avec limitation de la baisse des références individuelles à 30%) alors qu'il était possible de procéder à une convergence totale (même aide par hectare pour tous). Les références historiques acquises continueront à jouer un rôle important dans la répartition des soutiens à l'horizon 2020 sans autre justification que le découplage d'aides qui datent de 20 ans.

<sup>2</sup> «Les effets redistributifs des décisions françaises relatives à la PAC post-2015» Académie d'Agriculture de France – Séance du 6 novembre 2013.





La nouvelle PAC introduit, selon les pays, des possibilités de rééquilibrage des soutiens publics.

### UNE RÉFORME QUI NE REMET PAS EN CAUSE CERTAINES ÉVOLUTIONS STRUCTURELLES ET PRODUCTIVES NÉGATIVES DES AGRICULTURES DE L'UE

Le principal problème de cette réforme réside dans le fait qu'elle entérine le système aveugle du découplage des soutiens et de leur liaison à la surface des exploitations, sans justifications économiques autres qu'une hypothétique « adaptation aux marchés ». Cette rigidité dans l'affectation des soutiens publics limite les moyens d'intervention vers des productions en difficultés structurelles (nous pensons aux fruits et légumes notamment) ou des filières fragilisées par les crises. La réforme ignore en effet le contexte actuel des

marchés agricoles marqué par la volatilité, et ne prend pas en compte les conséquences de ces fluctuations de prix sur les revenus agricoles et la demande alimentaire des populations en difficulté.

Or la sécurisation des revenus et des investissements est nécessaire pour consolider une agriculture diversifiée créatrice d'emplois et de richesses. Il s'agit alors de diriger les soutiens vers les exploitations dont la viabilité économique et sociale est affectée par des évolutions négatives de prix ou de charges. Les aides devraient donc être variables, modulables chaque année en fonction de ces évolutions, comme les soutiens contracycliques de la politique agricole américaine (*deficiency payment*). Ces soutiens pourraient être plafonnés en fonction

de l'emploi généré sur les exploitations (afin de limiter les effets de rente liés à l'accroissement des surfaces) et conditionnés à des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. La nouvelle PAC introduit des possibilités de rééquilibrage des soutiens publics non négligeables entre exploitations, filières et régions agricoles mais qui semblent insuffisantes pour inverser les tendances lourdes de la restructuration foncière destructrice d'emplois et de la céréalisation de l'agriculture française faiblement créatrice de valeur ajoutée. ■

*Pour en savoir plus consultez les analyses produites par le groupe intersections PAC sur [www.academie-agriculture.fr](http://www.academie-agriculture.fr)*



**Gilles Lemaire**  
Directeur de recherche  
honoraire de l'INRA

## **Gilles Lemaire**

Membre correspondant de l'Académie d'agriculture

### **Prairies, Environnement et Territoires**

**La plupart des prairies dans le monde résultent d'activités d'élevage d'herbivores domestiques qui évitent ainsi le développement de successions ligneuses. La dynamique de ces écosystèmes est donc marquée par les modes de gestion liés aux différents systèmes d'élevage. Les prairies représentent 40% de la SAU en Europe ; elles font vivre 5,4 millions d'agriculteurs en hébergeant 78 millions d'UGB ; et elles représentent environ 25% de la production agricole de l'UE. Elles restent donc une source essentielle de production de denrées alimentaires, même si la pression des marchés et des politiques font chuter fortement leur surface.**

Le but essentiel du développement agricole au vingtième siècle a été de nourrir une population humaine croissante. Ainsi la transformation de la ressource fourragère des prairies en produits animaux a été l'objectif principal des agronomes. Aujourd'hui, l'enjeu du développement agricole durable impose que les prairies soient étudiées aussi comme composante des modes d'occupation des sols, en conjonction avec les forêts et les surfaces cultivées, pour leurs effets sur la régulation des cycles bio-géochimiques, le contrôle des flux environnementaux vers l'atmosphère et l'hydrosphère et la préservation de la biodiversité. Partout dans le monde l'intensification de la produc-

tion agricole a été combinée à une simplification des systèmes de production à toutes les échelles d'organisation : la parcelle, l'exploitation, les territoires et les régions, ce qui aboutit à des impacts environnementaux qui ne sont plus admis par les sociétés humaines avec des conséquences sur la contamination des eaux, les émissions de gaz à effet de serre, l'érosion et la contamination des sols, la perte de biodiversité, et la dégradation des paysages.

Un nouveau paradigme doit être proposé pour dénouer cette contradiction entre la nécessité d'augmenter la production agricole mondiale et l'urgence qu'il y a de préserver et de res-

**Avec la participation de**  
Vincent Bretagnolle ,  
Abad Chabbi,  
Michel Duru  
François Gastal  
Katia Klumpp,  
Marie-Laure Navas  
Jean-Louis Peyraud

taurer un environnement acceptable pour les sociétés humaines. On peut penser que les impacts de l'agriculture moderne sont davantage liés au manque de diversité des systèmes agricoles qu'à leur trop forte productivité. L'antagonisme entre production et environnement ne serait donc qu'apparent si on parvenait à rompre le lien historique entre intensification et uniformisation. A ce titre, les prairies pourraient être considérées comme une source de diversité au sein des agro-systèmes. Pour cela les prairies ne doivent plus être « confinées » aux zones non ou difficilement cultivables mais redevenir partie intégrante des systèmes de production agricoles intensifs dans le cadre d'une plus grande intégration entre Agriculture et Elevage aux échelles locales et régionales.

### LES PRAIRIES ET LA RÉGULATION DES CYCLES BIO-GÉOCHIMIQUES

Du fait d'une activité photosynthétique continue et d'interactions constantes entre la végétation et les communautés microbiennes du sol, les prairies possèdent des capacités intrinsèques (1) de séquestration du CO<sub>2</sub> atmosphérique dans la matière organique du sol et (2) de couplage entre les cycles de C et de N qui évite l'accumulation d'azote minéral dans le sol et les risques d'émissions atmosphériques de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et de lixiviation du nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ainsi la prairie permettrait de contrebalancer les impacts environnementaux liés à l'intensification des systèmes de culture annuels.

Trois questions se posent alors :

1. Ces effets « prairie » bénéfiques peuvent-ils être évalués quantitativement ?

2. Résistent-ils à l'intensification de l'utilisation des prairies ?

3. Quels modes de gestion pour un compromis entre production et environnement ?

Le système d'expérimentation SOERE-ACBB <http://www.soere-acbb.com/index.php/fr/> (sites de Lusignan et Theix-Laqueuille) a été conçu et est spécifiquement équipé pour évaluer l'effet de la gestion de la prairie sur le stockage/déstockage de C, l'émission de N<sub>2</sub>O par le sol, les flux hydriques et leur qualité vers les nappes. Les premiers résultats montrent que l'accumulation annuelle de C dans le sol des prairies naturelles pâturées en demi-montagne (Laqueuille) est peu différente selon leur niveau d'intensification (fertilisation + chargement) : 200 vs 191 g C m<sup>-2</sup> an<sup>-1</sup> en régime intensif et extensif, respectivement. Pour des prairies temporaires intensives à Lusignan, l'accumulation de carbone est plus faible en fauche qu'au pâturage. L'assimilation photosynthétique brute de CO<sub>2</sub> est comparable entre les deux modes d'exploitation mais la respiration plus élevée de la parcelle pâturée conduit à un flux net d'assimilation du CO<sub>2</sub> plus faible. Néanmoins au pâturage, la quantité de carbone ingérée par les herbivores est plus faible que celle récoltée en fauche et exportée de la parcelle sous forme de foin. Ces résultats obtenus en termes de flux devront être corroborés par l'analyse de l'évolution des stocks sur un pas de temps plus important.

Sur ces mêmes prairies, les émissions de N<sub>2</sub>O sont plus fortes en fauche qu'au pâturage du fait d'apports de la fertilisation azotée minérale plus importants en fauche. Le retournement de la prairie pour l'implantation d'une culture, engendre une

augmentation de l'émission de N<sub>2</sub>O pendant une période de 4 mois par rapport à une prairie maintenue en fauche. D'une manière générale les pertes de N<sub>2</sub>O sous prairies restent inférieures à celles enregistrées sous culture eut égard aux doses de fertilisation apportée.

La qualité des eaux de drainage est bien maîtrisée sous prairies fauchées même abondamment fertilisées (10-12 mg NO<sub>3</sub>-I-1) tandis qu'elle atteint 70-75 mg NO<sub>3</sub>-I-1 sous un système cultivé malgré une fertilisation raisonnée. La remise en culture d'une prairie fauchée ayant 3 ou 6 ans d'âge n'occasionne pas de surplus de pertes nitriques par rapport à un système entièrement composé de cultures arables. Ainsi une rotation de 3 ans de prairies intensives fauchées et 3 ans de cultures (maïs-blé-orge) permet d'abaisser de moitié la teneur moyenne des eaux drainées par rapport à un système arable pur.

Ces résultats montrent que les prairies incluses au sein de rotations de cultures annuelles peuvent être gérées avec un certain niveau d'intensification sans perdre leur capacité de régulation des émissions vers l'atmosphère et vers l'hydrosphère. Une plus grande utilisation des légumineuses doit contribuer à accroître cette capacité des prairies, non seulement du fait d'une diminution de l'utilisation des engrais azotés, mais aussi du fait d'un plus fort couplage C-N par la végétation et les microbes du sol.

### LA DIVERSITÉ FONCTIONNELLE DES PRAIRIES

Les services que les prairies sont susceptibles de rendre à la société ne





Les services rendus à la société par les prairies ne sont pas tous bien identifiés.

sont pas tous bien identifiés ; ils sont complexes à évaluer car dépendant du niveau d'organisation considéré (la parcelle, l'exploitation agricole, le paysage). En outre, les agriculteurs qui les fournissent n'en sont pas forcément les bénéficiaires, et ils ne sont donc pas toujours rémunérés. Enfin, certains services peuvent être contradictoires entre eux pour des raisons biophysique ou socioéconomique, ce qui nécessite des compromis. La recherche doit donc éclairer les relations entre ces services, les pratiques agricoles et les caractéristiques du milieu. Depuis le début des années 2000, la mobilisation des concepts et méthodes de l'écologie fonctionnelle a permis des avancées majeures mais qui sont assez lourdes et qu'il faut donc simplifier pour une utilisation au niveau de l'exploitation agricole.

L'approche fonctionnelle permet de caractériser les plantes par des traits correspondant à des caractéristiques morpho-physiologiques (rapport feuilles/tiges, hauteur des plantes, rapport surface/masse des feuilles, teneur en matière sèche des tissus...), et/ou phénologiques (précocité de montaison et d'épiaison...) rendant compte des réponses adaptatives des plantes à leur environnement. Ainsi, la teneur en matière sèche des feuilles qui est liée à la densité des tissus, est un indicateur de la réponse des plantes à la disponibilité des ressources en N, P, et eau. Au niveau de la communauté végétale, il est alors possible de calculer la valeur du trait moyen pondéré en fonction de l'abondance relative des espèces, ainsi que sa variance qui rend compte de la diversité fonctionnelle de la com-

munauté. Tout un ensemble de traits, liés à la gestion des ressources par les plantes, à leur aptitude à la compétition mais aussi à leur capacité de régénération, ont ainsi été mesurés dans de nombreux sites pour analyser les réponses des communautés végétales aux pratiques agricoles et aux caractéristiques du milieu, ainsi que leurs effets sur les différents processus qui aboutissent aux différents services d'intérêt agronomique et/ou environnemental qui sont attendus. Le trait moyen pondéré permet de caractériser la diversité des prairies à l'échelle de l'exploitation agricole et du paysage, et de classer les prairies en termes de services comme la production de fourrage ou le stockage de carbone, alors que la distribution du trait en intra communauté (ou diversité fonctionnelle) peut être reliée à la

souplesse d'utilisation de la prairie. Une typologie d'espèces a été établie à partir de quatre critères: (i) vitesse de croissance, rapide ou lente et(ii) développement précoce ou tardif, correspondant à différentes stratégies d'acquisition des ressources. Des relevés botaniques simplifiés permettent de positionner rapidement la composition d'une prairie selon l'importance de ces stratégies, et de calculer un indice de diversité fonctionnelle intra communauté qui est maximum lorsque les 4 stratégies sont présentes en proportion similaire. Il a été montré que la proportion d'espèces à stratégie de croissance rapide augmente avec la disponibilité en éléments minéraux et des modes d'exploitation comme la fauche qui exacerbe la compétition entre plantes, et peut donc servir d'indicateur d'une large gamme de services. L'analyse de sites différents en France a montré que cette proportion augmente avec la température moyenne annuelle et diminue avec le déficit hydrique. En conséquence, ce sont les niveaux de contrainte (eau, nutriments) et de perturbation (fauche/pâturage) intermédiaires qui permettent d'atteindre la diversité fonctionnelle intra communauté la plus élevée. Nous avons montré que la proportion d'espèces à stratégie de croissance rapide est un bon indicateur de la production de fourrages et de sa qualité au stade feuillu. A l'inverse dans ces situations, la diversité spécifique de la communauté et la teneur en carbone du sol décroissent. L'ensemble de ces résultats a conduit à la construction d'un cadre d'analyse qui permet de comparer des parcelles à l'échelle d'une exploitation agricole ou du paysage en termes de potentialités de réalisation de différents services. Nous avons montré que des compromis existent au niveau parcellaire

entre services liés à des stratégies fonctionnelles différentes, comme par exemple la production de fourrages contre le stockage de carbone. En revanche des synergies peuvent exister lorsqu'une même composition fonctionnelle fournit plusieurs services d'intérêt, comme par exemple une flexibilité d'utilisation de l'herbe associée à une diversité spécifique élevée. Ces compromis et synergies étant réalisés de façon variée entre prairies de composition différente, il faut donc penser la gestion des services globalement au niveau de l'exploitation ou du territoire.

## « Les prairies constituent une composante essentielle des mosaïques paysagères constituées par l'homme »

### PRAIRIES ET AGRO-ÉCOLOGIE DES TERRITOIRES

Les territoires ruraux de polyculture-élevage constituent de loin le mode d'usage des terres majoritaire en Europe (60% environ de la superficie du territoire). Ce sont aussi les écosystèmes parmi les plus riches en espèces, et ceux qui abritent le plus grand nombre d'espèces menacées d'extinction. Les prairies constituent une composante essentielle des mosaïques paysagères constituées par l'homme. Elles jouent donc un rôle important dans la dynamique de la biodiversité au sein des territoires. Cependant, un agriculteur agit à l'échelle de son exploitation, alors que l'objectif de conservation de la

biodiversité, et plus généralement, de l'ensemble des objectifs environnementaux, se situent à l'échelle des territoires agricoles, ce qui nécessite une approche collective. Le lien entre « exploitation agricole » et « territoire rural » est ainsi devenu un enjeu pour les politiques publiques. D'autant qu'à cette échelle, les objectifs des différents usagers du territoire ne sont pas forcément partagés : certains peuvent appréhender la biodiversité comme une ressource, d'autres comme une contrainte.

Dans les systèmes céréaliers intensifs, les prairies ont un effet positif sur différents indicateurs représentatifs de la biodiversité, à tous les niveaux du réseau trophique : microfaune du sol, insectes, flore, oiseaux. Cet effet a été démontré de manière semi expérimentale sur la Zone Atelier « Plaine & Val-de-Sèvre » (ZA-PVS) grâce à l'implémentation de Mesures agro-environnementales (MAE) depuis 2004. Globalement, nous observons que l'implémentation des mesures « prairies » affecte favorablement différentes espèces d'oiseaux. Nos résultats sont en accord avec le constat général que les populations d'oiseaux des milieux agricoles déclinent du fait du manque de ressource en nourriture, invertébrés et graines, qui résulte en particulier de la perte d'hétérogénéité du paysage (diminution des haies, prairies et différents modes de gestion) causée par l'intensification de l'agriculture. Ces différentes études menées sur la ZA-PVS ont permis de distinguer l'effet de la proportion d'habitat seminaturel dans le paysage, de celui des mesures compensatoires (MAE). Mais l'effet des prairies est aussi modulé par des variables spatiales (habitat) et temporelles (âge, temps de résilience des prairies). L'âge des prairies apparaît comme un facteur prépondérant,

au même titre que leur abondance. Dans les zones de plaine en Europe, l'intensification de l'agriculture a entraîné une spécialisation dans les grandes cultures (céréales et oléoprotéagineux), donc une simplification des assolements et un agrandissement du parcellaire favorisé par les remembrements successifs. Ces évolutions font peu à peu disparaître la mosaïque paysagère qui existait jusqu'aux années 1960. Un objet de gestion nouveau apparaît ainsi, la prairie, comme élément de diversité au sein du paysage. Ainsi à une logique individuelle de gestion de l'assolement au sein d'une exploitation se juxtapose une logique collective, autour d'un bien commun qu'est la prairie, source de régulation du réseau trophique de l'écosystème céréalier. Cet objet ne peut être géré que par la coordination d'actions de différents agriculteurs. Quels mécanismes permettent une telle coordination ? La question de la réinsertion de prairies dans la plaine céréalière à l'échelle du paysage dans la ZA-PVS a été le moteur de recherches pluridisciplinaires, réunissant écologues, agronomes, économistes et sociologues. Une première voie explorée est le pilotage centralisé de la distribution des prairies dans la plaine céréalière par un système de contractualisation subventionnée par l'Union européenne sous forme de MAE. Ces mesures ont été élaborées pour atteindre un double objectif : être à la fois efficaces par rapport à la préservation de l'avifaune de plaine et de la qualité de l'eau, et acceptables par les agriculteurs. Ces dernières années les surfaces contractualisées en MAE ont augmenté pour atteindre près de 10 000 hectares en 2011 sur la ZA-PVS, soit près de 20% de la superficie, les MAE prairiales couvrant environ 15% de la superficie totale des prairies. Si

cette augmentation est fortement due à la mise en place de mesures prioritairement destinées à la reconquête de la qualité de l'eau, on peut observer que les surfaces contractualisées en luzerne et en prairies de graminées ont presque été multipliées par 5 en 3 ans. Mais une seconde piste, plus innovante et décentralisée, est explorée. Elle repose sur la création d'une filière courte organisant des échanges locaux de luzerne entre céréaliers et éleveurs avec une coopérative (CEA ; Berthet, 2013). Cependant ce type d'échange est encore très limité dans la région, et les conditions de sa mise en place sont à ce jour mal connues. Des pistes sont creusées concernant la mise en œuvre de ce type de filières par des acteurs du territoire tels que les coopératives agricoles.

### LA PRAIRIE AU CŒUR DES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE PERFORMANTS

La prairie, qui couvre 35 % de la SAU nationale, représente toujours une part prépondérante de l'alimentation des herbivores et ses contributions à la protection de l'environnement sont donc largement démontrées. Les atouts de la prairie permanente sont aujourd'hui partiellement reconnus et rémunérés par les politiques publiques, notamment le deuxième pilier de la PAC : l'indemnité compensatrice de handicap naturel (ICHN) et la prime herbagère agro environnementale (PHAE). En conditionnant les aides au maintien des surfaces en prairies permanentes la réforme actuelle de la PAC renforce ce soutien aux zones herbagères de montagne. En revanche, les prairies temporaires de plaine n'ont pas reçu de soutien spécifique à l'exception, depuis 2007, de la Mesure Agri-Environnementale (MAE) dite « SFEI » qui limite la place

du maïs dans la surface fourragère principale mais avec un budget très limité.

Malgré cela, la surface des prairies a fortement diminué au plan national et au sein des systèmes d'élevage de plaine au profit du maïs ensilage (notamment en Basse Normandie et en Pays de Loire : -15%) alors que les surfaces toujours en herbe ont été sanctuarisées. Le prix élevé des céréales met en concurrence l'élevage et les cultures là où des alternatives à la prairie existent et la fin des quotas laitiers pourrait conduire les éleveurs à revoir les systèmes fourragers au bénéfice du maïs et au détriment de la prairie et ce d'autant plus que l'agrandissement des exploitations déstructure le parcellaire et rend le pâturage plus difficile. Enfin, la révision des références Corpen et la déclinaison française de la directive nitrate ne placent pas la prairie dans une situation favorable.

Pourtant, la prairie est au cœur des systèmes d'élevage à haute performance. Les analyses conduites dans le cadre du chantier « Agriculture à haute performance » pour le compte du CGSP montrent que dans la plupart des cas, augmenter la part d'herbe dans le système d'élevage et sa valorisation par le pâturage est à la fois positif sur les performances économiques et sur les performances environnementales du système en permettant de limiter les consommations intermédiaires d'engrais, d'aliments, de pesticides, voire d'antibiotiques et les émissions vers l'environnement. Même si les éleveurs ont souvent conscience des atouts environnementaux et sociétaux des prairies, ceux-ci ne sont pas un objectif en soi notamment par ce qu'ils ne sont pas (ou quasiment pas)

rémunérés dans le cas des prairies temporaires.

Par ailleurs dans un marché mondial où les prix de l'énergie et des protéines sont très fluctuants il convient aussi de changer la vision de la productivité de la prairie par rapport aux cultures annuelles. En effet il ne faut pas oublier que pour constituer une ration équilibrée pour un troupeau laitier il faut utiliser 0,8 ha de culture de soja pour chaque ha de maïs ensilage alors que l'hectare d'herbe apporte l'énergie et les protéines dans le bon équilibre. Enfin, c'est à l'ensemble du secteur R-F-D qu'il convient de changer le regard des éleveurs, conseillers et prescripteurs sur la prairie pour lui redonner une image positive de modernisme, en particulier par la mise à disposition d'outils de pilotage du pâturage, des récoltes et des stocks aptes à simplifier et optimiser la production d'herbe ainsi que par la formation des futurs éleveurs aux enjeux de la mise en place de systèmes d'élevage à hautes performances.

## CONCLUSION

Ce panorama montre que les prairies possèdent des atouts importants pour devenir une composante essentielle des agro-écosystèmes qui soient à la fois productifs et respectueux de l'environnement. Les atouts des prairies sont aussi bien d'ordre environnemental (régulation et couplage des cycles C-N-P...contrôle des émissions vers l'atmosphère et l'hydrosphère...effets favorables sur la biodiversité) que d'ordre agronomique (économie d'intrants, production fourragère à faibles coûts, qualité et fertilité des sols...). Leur disparition progressive et continue des agro-écosystèmes les plus intensifiés de

la planète est davantage liée à des contraintes socio-économiques qui découlent du paradigme des économies d'échelle visant à accroître la productivité du travail dans un marché mondialisé et qui conduisent partout à une séparation territoriale de la production de céréales et protéagineux de celle de denrées animales : le Bassin Parisien contre la Bretagne en France ; mais voire aussi en Amérique du Nord, en Amérique du Sud, en Australie...L'intensification séparée des deux orientations productives Agriculture et Elevage conduit inexorablement à des impasses environnementales dont on ne voit aujourd'hui que les prémices compte tenu de ce qui est à l'œuvre sur d'autres continents. Dans ce cadre, les prairies deviennent des « reliques » réservées aux zones dites non-intensifiables, maintenues sous formes de « réserves » à l'aide de subsides. Y a-t-il une autre issue qui ne soit pas seulement une utopie ?

Trois questions s'imposent :

*Les prairies peuvent-elles devenir des éléments d'agro-écosystèmes relativement productifs tout en continuant à assurer leurs effets bénéfiques sur l'environnement ?* Les données que nous avons synthétisées dans cet article montrent que c'est largement possible, et ceci non seulement en France et en Europe mais dans la plupart des régions du monde.

*Doit-on concevoir un maintien des prairies extensives dans de larges zones et permettre une intensification maximum de la production agricole sur des surfaces plus limitées ?* Sur un plan purement global tel que le contrôle des émissions de gaz à effet de serre, on pourrait concevoir qu'une partie des surfaces continen-

tales soient réservées à compenser les émissions des surfaces mises en culture intensive (encore que cette solution ne serait pas sans poser des problèmes politiques épineux et conflictuels). Mais dès que l'on s'intéresse à des impacts locaux tels que la qualité des hydrosystèmes ou la biodiversité, cette vision n'est plus pertinente. Il s'agit bien de recréer localement les interactions spatiales et temporelles entre les différents modes d'occupation des sols : prairies, cultures, forêts... sans oublier les zones urbaines.

*N'est-il pas utopique de vouloir remettre de la prairie et donc des animaux dans des exploitations agricoles d'où ils ont disparus ?* Bien entendu les causes qui ont engendré l'abandon de l'élevage dans les exploitations agricoles dans certaines régions ne vont pas disparaître, le mouvement se poursuivant notamment pour des questions de rentabilité du travail. Il s'agit donc d'inventer de nouveaux modes d'organisation à l'échelle d'un territoire permettant de faire coopérer des exploitations spécialisées, céréales d'un côté et élevage de l'autre, en organisant les échanges de matières et de services de manière à reconstruire des agro-écosystèmes plus diversifiés et donc plus fonctionnels à une échelle locale. Il s'agit là d'un enjeu scientifique capital pour l'avenir : comment concevoir, faire émerger et gérer de tels consortiums ? Encore faut-il avoir les outils de base indispensables pour entrevoir ces possibilités. ■

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



**Pierre Thivend**  
Directeur de recherche  
honoraire de l'INRA

## **Pierre Thivend**

Membre de l'Académie d'agriculture

### **Élevage équin : pour de nouveaux outils de sélection**

**La section « Élevages, systèmes de production et produits animaux » de l'Académie d'agriculture de France s'est préoccupée de l'évolution récente de la politique publique de sélection dans l'espèce équine et formulé plusieurs recommandations.**

L'amélioration génétique regroupe l'ensemble des actions conduisant à la production d'animaux de plus en plus proche d'un objectif donné, par exemple, pour les chevaux, la course, le saut d'obstacles, l'endurance, etc. Elle comprend deux étapes : le choix des reproducteurs (la "sélection") et l'utilisation de ces reproducteurs, qui correspond à la valorisation des animaux sélectionnés pour faire bénéficier la génération suivante du "progrès génétique" obtenu et le diffuser. Cette action collective est fondée sur une collecte d'information et une diffusion indépendantes des intérêts particuliers et doit bénéficier à l'ensemble des éleveurs.

À l'automne 2013, la publication des indices génétiques équins avait été suspendue à la demande du président d'une association de race qui en contestait l'intérêt. De nombreux acteurs, dont l'INRA et la section "Élevages, systèmes de production et produits animaux" de l'Académie d'agriculture de France, ont manifesté leur

désaccord concernant cette forme de censure d'une information générée par le service public au bénéfice de tous les acteurs de la filière. La publication a été rapidement reprise en même temps qu'une réflexion a été initiée sur les améliorations nécessaires de l'évaluation génétique des chevaux.

#### **L'ÉVALUATION GÉNÉTIQUE DES ANIMAUX**

Historiquement, depuis les années 1970, l'INRA et les Haras nationaux ont entrepris de moderniser la sélection équine en apportant une évaluation statistique objective de la valeur génétique des chevaux performeurs et/ou reproducteurs (l'« indexation »). Ces réalisations ont accompagné une période faste de l'élevage équin français qui était alors leader, exportateur et innovateur. Dans les années 1980 la France a été la première à présenter une équipe du plus haut niveau de quatre étalons de race Selle Français menant une double carrière de sport et d'élevage.



Beaucoup d'éleveurs sont demandeurs d'une indexation objective comme base de sélection.

S'appuyant sur une organisation connectée et centralisée de l'information sur la généalogie et sur les résultats en courses et compétitions équestres, ont été successivement proposées aux éleveurs français une indexation des performances individuelles des animaux, une indexation des reproducteurs sur leur descendance et enfin une indexation génétique de tous les animaux intégrant toutes les informations connues sur leurs parents, sur leurs performances propres et sur leurs descendants.

La méthode statistique employée pour ces évaluations génétiques, le BLUP (« *Best linear unbiased predictor* » ou en français « Meilleur prédicteur linéaire non biaisé »), appliquée à un modèle animal, a été proposée en première

mondiale aux chevaux français et a été reprise dans de nombreux pays et dans toutes les espèces domestiques. Cette méthode est devenue un standard international en matière d'évaluation génétique des animaux, toutes espèces confondues.

Plus récemment, dans le cadre du désengagement de l'État de la production équine, certains ont contesté également le rôle du service public dans la sélection, suggérant que le marketing et la communication pouvaient se substituer à l'information objective. D'autres, cependant, sont demandeurs d'une indexation objective comme base de sélection : citons les éleveurs de chevaux d'endurance qui ont une démarche volontaire de développement des outils de géné-

tique et les partisans d'un *studbook* de l'anglo-normand qui ont proposé un programme d'élevage valorisant les informations issues des évaluations génétiques.

Si la méthode statistique est incontestable, elle ne donne bien entendu des résultats qu'à partir des données qui sont introduites et ne permet donc de sélectionner que sur le ou les critères choisis. A ce jour, seules les données de courses de trot et de compétitions équestres ont été traitées ; par conséquent, sa mise en œuvre actuelle ne permet que de sélectionner pour gagner en compétition.

Si d'autres objectifs doivent être pris en considération, ils doivent être définis et mesurés, comme pour les com-

pétitions, par des critères objectifs chiffrés sur de grands nombres d'individus et mis en relation avec la généalogie. Il faut cependant garder à l'esprit que sélectionner pour plusieurs caractères se fait toujours au détriment de l'efficacité sur chacun d'entre eux.

Le choix de nouveaux objectifs de sélection appartient aux utilisateurs et aux éleveurs, mais il serait illusoire de croire qu'un objectif unique fera l'unanimité, compte tenu de la diversité des utilisateurs, des éleveurs et de leur individualisme. Seule une indexation multicritères distribuant l'information sur les qualités génétiques des chevaux selon différents points de vue permettra à chaque éleveur de faire son choix des reproducteurs correspondant à ses objectifs.

Le problème qui se pose donc est de distribuer à chacun le rôle qui est le sien :

- les éleveurs-utilisateurs définissent la liste des objectifs de production correspondant à leur orientation économique et/ou sportive,
- avec l'aide des scientifiques, ils transforment ces objectifs en critères mesurables et correspondant autant que possible à des aptitudes génétiques.

## UNE CONCERTATION NECESSAIRE

Selon nous, cette mission de concertation doit être organisée par l'IFCE (Institut français du cheval et de l'équitation) qui inviterait des représentants des utilisateurs autant que les associations de races.

- La collecte des données sur un grand nombre d'animaux (le « phénotypage ») est réalisée par une institution qui en garantit la mesure impartiale et

systématique, indépendamment des races puisque les utilisations et les compétitions se font entre animaux de diverses races.

Cette collecte est essentielle : pas d'indexation génétique des animaux sans un phénotypage fiable et étendu. Cette mission pourrait être, pour les chevaux de sport, celle de la SHF (Société hippique française), car elle doit être réalisée sur les jeunes chevaux et indépendamment des races. Son financement pourrait faire l'objet d'un contrat avec le Fonds Eperon qui soutient déjà la SHF dans ses missions traditionnelles.

- Ces données sont reliées aux généalogies centralisées et traitées selon des méthodes validées scientifiquement. Elles aboutissent à une évaluation génétique des animaux sur différents critères indépendamment de la race.

Cette mission est celle de l'INRA (Institut national de la recherche agromique), seul détenteur en France des connaissances scientifiques, des savoir-faire et des moyens de calcul requis. Cela n'interdit pas aux utilisateurs de faire part de leurs demandes d'améliorations méthodologiques : prise en compte de potentielles sources de biais, intégration de données manquantes, récupération de données à l'étranger et lien avec les évaluations faites dans les autres pays.

- Les indices ainsi calculés sont rendus publics en tant que bien commun utilisable par tous, éleveurs et autres utilisateurs comme associations de race.

Cette mise à disposition du public est clairement du ressort de l'IFCE, organisme public impartial et au service de tous les acteurs de la filière.

- A l'intérieur de chaque association de race les résultats peuvent être utilisés pour son programme de sélection selon une combinaison de critères qui lui est propre. Il est de sa responsabilité de choisir une voie plus ou moins contraignante envers leurs seuls adhérents.

L'intérêt des outils modernes de la génétique est évident, non seulement pour améliorer la performance sportive des chevaux en compétition ou en course, mais aussi pour mieux répondre aux attentes des utilisateurs de chevaux autres que de compétition et ils sont de plus en plus nombreux. Un effort tout particulier de vulgarisation des connaissances sur ces méthodes est indispensable pour une acceptation sociale moins frileuse et une organisation collective de leur mise en œuvre.

Si cette approche permet une remise à niveau de la sélection des chevaux de sport, d'autres chantiers de recherche doivent préparer l'avenir et maintenir la France au niveau le plus avancé par la poursuite des efforts sur la caractérisation et sur le comportement, ainsi que pour l'approfondissement des recherches sur la génomique à haut débit et sur l'épigénétique.

L'Académie d'agriculture de France soutient les présentes recommandations proposées par sa section "Élevages, systèmes de production et produits animaux".

*Pour approfondir ces questions :*

- Collectif, 2014. *Amélioration génétique des équidés. Institut français du cheval et de l'équitation, Paris. 304 p.*
- Jez . et al. (Inra/Ifce), 2014. *La filière équine française à l'horizon 2030. Ed. Quae, Paris. 158p. ■*

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



**Alain Perrier**  
Directeur de recherche  
honoraire de l'INRA  
Professeur émérite  
Agro ParisTech

## Alain Perrier

Membre de l'Académie d'agriculture

# Évolution des relations climat-agronomie-environnement et sociétés

**Au sens large, l'agronomie étudie les moyens et conséquences de l'exploitation anthropique des milieux aux fins de productions. Longtemps les hommes recherchèrent des milieux propices, mais dans leur pérégrination ils durent s'adapter en élaborant des techniques pour une meilleure survie.**

La variabilité et les aléas climatiques (sécheresses, inondations, températures extrêmes, grêles et vents catastrophiques) rendaient leurs activités (chasse, cueillette, habitat) difficiles, hasardeuses, voire désastreuses. Le climat restait un caprice du ciel incontrôlable que seules rythmaient les saisons.

### EVOLUTION PRÉ ET PROTOHISTORIQUE

Après la dernière glaciation (-15 à -12 mille ans av. J-C.), et avec le réchauffement propice aux hommes et à l'éclosion d'écosystèmes naturels, la croissance démographique et le développement de techniques semblent favoriser les regroupements humains. Une première mutation apparut avec la domestication d'animaux, s'ouvrant peu à peu à l'élevage (-7 à -5 mille ans av. J-C.) puis à l'ère d'un pastoralisme progressivement colonisateur d'espaces nouveaux. Sous une pression humaine croissante, ce pastoralisme accentua les déplacements itinérants,

fuyant les sécheresses saisonnières ou accidentelles. Imperceptiblement, la surexploitation du « milieu naturel », amplifiée par les besoins en matériau bois, induisit dégradations et rétroactions du climat (plus chaud et plus sec) réduisant les potentialités du milieu physique et biologique. La seconde mutation fut celle de la domestication d'espèces végétales à l'origine d'une agronomie naissante (-6 à -4 mille ans av. J-C.). Associé à l'élevage, ce début de production végétale (céréales et légumineuses) ouvrit la voie à l'appropriation d'espaces plus fixes et à la sédentarisation de groupes humains structurés (dirigeants, religieux, soldats, artisans, agriculteurs, ...).

L'agriculture était née et devait produire continûment une alimentation humaine et animale indispensable. Sous contraintes climatiques fluctuantes, elle a conduit ces premières sociétés à s'approprier et maîtriser l'eau, élément si indispensable à la nutrition et aux activités humaines. Les grands fleuves furent





des points clefs car, provenant de lointains et vastes châteaux d'eau, leur cours semblait inépuisable, sauf catastrophe, et les terres aux abords, disponibles et très fertiles. Face aux aléas, détourner l'eau (canaux) et la puiser (puits et plus tard norias) apportaient sécurisation et régularisation de la production. L'irrigation permit cette alimentation à la fois humaine et d'un élevage local associé (transport, trait, alimentation lactée). C'est de façon privilégiée, sous climats chauds et plutôt secs (moins de maladies), que se développa ce type d'agriculture (cas de l'Indus, du Tibre, de l'Euphrate, du Nil depuis trois ou quatre mille ans av. J-C., sans parler de la Chine ou de l'Inde).

Cette utilisation rationnelle de l'eau, don du fleuve, incita à des aménagements (premiers canaux de centaines

de kilomètres parfois, -4 à -2 mille ans), afin d'assurer la conquête de nouvelles surfaces irriguées, plus hautes que le lit du fleuve. Simultanément ce développement induisit une multitude d'innovations agronomiques : le bâton à fouir le sol (semis en poquet), la houe à billonner et irriguer, l'araire, la roue (entre les 3<sup>ème</sup> et 2<sup>ème</sup> millénaire av. J-C.), la maîtrise de la force motrice (Egypte 1500 av. J-C.), la fumure, la production de semences, la diversité des cultures et leur adaptation au cycle climatique et l'amélioration des techniques culturales. De plus, la maîtrise de l'eau touche très vite les cités : adduction d'eau et assainissement des eaux usées.

C'est cette agronomie qui se diffusa dans toutes les zones climatiques de type méditerranéen où ont éclos toutes les grandes civilisations, puis

se propagea vers les zones plus septentrionales où la pluie pouvait en général suffire à assurer une production, incertaine certes car soumise aux aléas du climat.

### LA NOTION DU CLIMAT ET L'AGRONOMIE (DEPUIS 1000 AV. J-C.)

Un des premiers à exprimer une analyse sur le cycle de l'eau, face à son importance cruciale, est très probablement Hésiode (8<sup>ème</sup> av. J-C.) : «*Lors d'une aube suivant un ciel étoilé au-dessus de la terre, une brume fertilisante recouvre de toute part et pour leur chance les cultures ; cette brume provient toujours de courantes rivières et est transportée haut au-dessus de la terre...*». La rosée, comme la pluie, provient de l'évaporation et Hippocrate précise (fin 5<sup>ème</sup> av. J-C.) :

« Toute vapeur provient non seulement des étangs et rivières, mais de la mer et de n'importe quoi contenant de l'humidité (sols, cultures) ». Cependant ce rôle favorable peut devenir néfaste avec une déforestation puis mise en culture ; Platon (4<sup>ème</sup> av. J.-C.) souligne les effets pervers d'une telle surface devenue trop érosive et moins favorable à la rétention de l'eau, soit à l'évapotranspiration : « Ce qui reste à présent, comparé à ce qui existait alors, ressemble à un corps décharné par la maladie. Tout ce qu'il y avait de terres grasses et molles s'est écoulé et il ne reste plus que la carcasse nue du pays... Il y avait encore sur les montagnes de grandes forêts,... Il y avait de grands arbres à fruits et le sol produisait du fourrage à satiété pour le bétail. Il recueillait les pluies annuelles et ne perdait pas, comme aujourd'hui, l'eau qui s'écoule de la terre dénudée dans la mer... ». Ce texte montre la compréhension parfaite du bilan d'eau selon les milieux, et les dangers d'une déforestation mal gérée ; ce message est resté enfoui, repris parfois pour insister sur ce processus insidieux, toujours présent, de l'aridification par surexploitation et désertification qui toucha tout le Moyen Orient, le Bassin méditerranéen et actuellement tant de lieux.

Dès cette époque, Aristote (mi 4<sup>ème</sup> av. J.-C.) essaye de mieux comprendre les processus de ce cycle de l'eau, source de pluies aux échelles régionales ; in « Meteorologica », il précise : « En ce qui concerne la vapeur, elle est une séparation de l'eau ;... La terre demeure telle quelle et son eau seule s'évapore aux rayons du soleil... Sa chaleur provoque sa montée, mais la quitte progressivement, étant dispersée dans les hautes couches, et finissant par s'éteindre

ayant atteint des hauteurs élevées au-dessus du sol. La vapeur s'étant refroidie se condense de nouveau à cette hauteur, ainsi la vapeur de l'air se transforme en eau, ce qui génère à nouveau des chutes d'eau sur la terre... Ce qui émane de l'eau est vapeur et ce qui dans l'air devient eau est nuage... » Cette esquisse pleine de réalisme précise que toute pluie provient de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, issue de l'évaporation des surfaces sous l'action de l'énergie solaire et de l'air (sa température, son humidité et son déplacement ou vitesse du vent). Tous les facteurs de l'évaporation sont là, il ne restera qu'à la quantifier. Cette vapeur plus légère que l'air (valeur molaire de 18 pour 29) monte, se refroidit, se condense en altitude et finit en pluie, neige ou grêle (après 12 jours. en moyenne, et 30 renouvellements par an). Faut-il encore que les zones de forêts et de cultures couvrantes sur sol profond retiennent l'eau et maintiennent un cycle suffisant, car l'advection d'eau des océans n'apporte en moyenne que 30% des pluies continentales !

Pendant la période romaine, Vitruve (1<sup>er</sup> siècle av. J.-C.) développera dans son volume 8 les problématiques urbaines en vue d'une saine gestion de l'eau basée sur les apports nets disponibles (pluie – évaporation), afin de les valoriser. Sénèque (-55 +39 ap. J.-C.) analysera l'eau dans le milieu naturel et Pliny l'Ancien (début 1<sup>er</sup> siècle) dans son « Histoire naturelle » (en 37 volumes) donnera une vision détaillée de l'eau et de ses liens avec l'agriculture et la société ; Ces écrits montrent l'effort d'utilisation des connaissances par l'ingénierie et l'agriculture dans l'Empire Romain ; par exemple Pliny l'Ancien, affirmera : « Le vice de trop

d'eau dépasse en malice celui des ombrages et celui des pierres, aussi faudra-t-il utiliser plus de labeur pour y remédier ; techniques des fossés primaires, secondaires et des systèmes de drains » ; et préconise : « l'assèchement des terres qui est essentiel qu'elles soient de marais riches en terres humiques ou de bas-fonds avec sources ou stagnation des eaux ». Ces conseils d'agronome sont mis en œuvre en Gaule romaine : (1) Dessèchement de marais, exemple typique du marais d'Ansaldo découpé en parts de fromage et drainé au centre par un canal d'un km sous terre) ; (2) Drainage des parcelles par tuyaux de poterie (presque tout le Comtat Venaissin, les zones humides du Narbonnais et même les Vosges par drains de bois).

La fin de l'empire et les invasions sonneront le glas de cette agriculture productive, présente dans de grands domaines couvrant entre autres la Gaule. La chute des marchés ne permit ni de maintenir des débouchés, ni d'entretenir les infrastructures, en perdant à terme la haute technicité acquise. Seuls les écrits furent traduits par quelques curieux : vers la fin de l'empire, par Isidorus Hispalensis (« De la Nature » en 613), au Moyen Age par Vuilhelmus (« Dialogues sur la physique des substances » en 1120), sans réel succès, et quelques valorisations furent développées en Espagne et au Moyen Orient (traduction en arabe).

Avec le petit réchauffement climatique du Moyen Age apparaît une certaine sécurité alimentaire, due aussi à l'introduction de rotations et d'une meilleure diversification. Il en résulte une croissance de la population et un mieux économique qui poussèrent quelques érudits de l'église à développer des aménagements hydrau-



liques, comme ceux des étangs de Brenne ou de Bresse (pisciculture et parfois irrigation). On vit aussi de nouveaux vignobles s'installer plus au nord sur toutes les terres où règnent des microclimats peu sensibles aux fortes gelées printanières (Loire, Champagne, Alsace).

Inversement on comprend pourquoi le petit âge glaciaire referma vite cette parenthèse, et la population qui avait crû (fig.1) dut subir des famines dramatiques avec leur cortège d'épidémies. Malgré de timides efforts dans les jardins et potagers, rien de vraiment neuf n'apparaîtra avant la fin de la Renaissance et le début du 17<sup>ème</sup>. Seule la publication de « Théâtre de l'agriculture et ménage des champs » d'Olivier de Serres (1600) initiera un retour à la réflexion et à l'approche scientifique de l'agronomie ; il focalise climat et agronomie, objet de ce paragraphe, sur l'eau et la température. Juste un exemple : son intérêt à développer et recommander l'utilisation du châssis à couverture de verre : « *semis et jeunes plantations bénéficieront des températures dues à l'effet du verre* » (appelé aujourd'hui effet de serre). Son œuvre agronomique relative à tous les facteurs de la pro-

duction sera traitée au paragraphe suivant.

Fin 17<sup>ème</sup> apparaît une première étude sur l'évaporation de liquides par Perrault (1670), académicien, dont les mesures révèlent l'importance quantitative de ce phénomène même sur glace (sublimation de l'eau). A sa suite, Halley (1691) cherchera à estimer, grâce à ces premières mesures, la quantité d'eau évaporée à partir des océans et la proportion de son retour sous forme de pluie contribuant à celle des continents. Colbert (en charge du projet de Versailles), souhaite la réalisation d'un premier vrai bilan d'eau expérimental confié à l'Académie (mesures couplées des pluies et de l'évaporation pendant 30 mois de 1688 à 90) réalisé par Sédilleau (1692) : *ces mesures conduisent à un bilan négatif (880 mm /an d'évaporation d'une surface d'eau pour 520 mm/an de pluie)* - valeur plutôt bonne comparée aux 580 mm/an, moyenne de Versailles sur 60 ans. Ce bilan négatif est confirmé peu après par les mesures de De La Hire (1703), sur feuilles de figuiers dont l'évaporation estivale est supérieure aux pluies. Il s'en suivit des questionnements scientifiques au sein de divers cénacles : « *D'où proviennent*

*alors ces eaux de ruissellement et de drainage observées par le débit des sources et des rivières qui généralement se maintiennent en été ?* ». Au 18<sup>ème</sup>, Bernoulli (1700-1782), puis au 19<sup>ème</sup>, Darcy (1803-1858) mettent en exergue les volumes d'eau retenus dans un sol (un à trois mois de pluies moyennes), et les lois des écoulements profonds soumis à des constantes de temps (réservoirs et trajets des écoulements). C'est avec le 20<sup>ème</sup> que l'évapotranspiration des couverts sera explicitée (Penman, 1948), puis quantifiée par une approche physique générale (ICID -1994 et FAO) qui montre que l'évapotranspiration d'une culture n'atteint au maximum que 70% de celle de l'eau libre et peut devenir nulle avec sol sec. Cette dépendance forte de l'évaporation au climat souligne que des aménagements de l'espace rural (agroforesterie, haies et brise-vent) qui modifient le microclimat peuvent réduire efficacement les pertes d'eau. Grâce aux connaissances actuelles, la quantification de ces améliorations est possible avec des modèles intégrant toutes les relations traduisant les flux d'énergie et de masse. De même, les processus de changements d'état, de variations de densité, de flux turbulents et radiatifs couplés aux équations de bilans énergétiques, hydriques et de quantité de mouvement permettent d'aborder les modèles de circulation générale et les transferts vers l'atmosphère, la formation de nuages et le retour des pluies.

### RÔLES DE L'AGRONOMIE ET DES MILIEUX SUR LA PRODUCTION (XVII<sup>ÈME</sup> AU XXI<sup>ÈME</sup> SIÈCLES)

A la fin du 16<sup>ème</sup> et au 17<sup>ème</sup> naissent une soif de connaissances et une prise de conscience d'un nécessaire



Dégâts de tempête sur la forêt.

développement agronomique, dont la publication d'Olivier de Serres fut le symbole. Avant lui, Bernard Palissy (16<sup>ème</sup>), s'était déjà intéressé aux sols en agronomie pour affirmer, alors que l'alimentation minérale et carbonée des plantes était inconnue : *«...le fumier que l'on apporte au champ ne servirait de rien, si ce n'était le sel que les pailles et les foins y ont laissé en pourrissant... sur un champ de blé, tu trouveras que le blé sera plus beau, plus vert et plus épais à l'endroit où les dites piles (petit tas de fumier) auront reposé, que non pas en un autre lieu, et cela advient parce que les pluies qui sont tombées sur les pilots ont pris le sel en passant au travers et descendant en terre ; par là tu peux reconnaître que ce n'est pas le fumier qui est la cause de la génération (croissance) mais le sel que les semences avaient pris en la terre* ». Le poids de l'alimentation minérale, sels apportés par l'eau et absorbés par la plante pour sa croissance, devient une vérité à explorer.

Olivier de Serres mettra en relief tous les facteurs de production, dont les aspects eau et température du climat via la physiologie. Reprenant les écrits romains et les expérimentant, il écrit : *« La pire des misères est le trop d'eau dû aux pluies ou sources ; l'ennoyage est un malheur pire que le manque d'eau d'été ; il faut absolument éviter ce fâcheux empêchement. Vous en verrez immédiatement les effets bénéfiques et durables et le coût pour cela n'est rien. Il faut mettre la main à l'ouvrage et pratiquer le drainage »*. Pour l'été, il faut amener l'eau : *« Il faut pour le jardin proche de la maison une terre meuble, plus sableuse qu'argileuse et la présence d'eau (source, fontaine, rivière, citerne,...), la pluie étant insuffisante,... Tu guides si bien les sources que les courses*

de toute nature d'eaux égaient la terre dure, de verdure et du bruit de ses ruisseaux ». La notion de climat dans la production est complexe, car à l'eau il adjoint rayonnement, chaleur et température comme facteurs de croissance, et les intempéries comme facteurs de destruction : « *Le rôle du climat par les vents impétueux d'orages, les pluies violentes induisant la verse, la grêle,...* ». Il demeure très conscient que les modifications du climat (température, humidité, vent) sont difficiles à gérer : « *Réformer l'air pour l'approprier à la vigne n'est pas un ouvrage d'homme, il ne faut pas de vigne là où règne trop de froidure, car il n'y aurait pas de maturité, comme trop de chaleur, ... car l'ombre du soleil fait de la vigne croître, ... cas aussi du figuier ou de l'olivier en pays chaud* ». Cependant il perçoit la possibilité d'utiliser la « montagnette de Montpellier » pour développer un jardin botanique d'études et d'acclimatation des plantes en utilisant l'orientation, la pente, l'ombrage, et l'ensoleillement minimal ou maximal, ... pour obtenir différents microclimats. Pour lui, l'agronome doit savoir se mouler sur les connaissances du « *naturel des terroirs* » et « *argiles et sables, les opposés, et leur fertilité (amendements, fumiers et eaux) doivent-êtré domptés, apprivoisés et engraisés* ». Finalement, cinq nécessités résument les conditions d'une bonne production : « *L'air ou le climat, dont l'eau (pluie et irrigation), la terre (le sol, ses propriétés et les amendements, engrais), les accès ou voies de communication et les hommes ou voisins* ». Notons que les aspects socio-économiques sont toujours introduits comme conditions de réussite.

L'esprit d'analyse de Descartes (première moitié du 17<sup>ème</sup>) fait son chemin dans tous les domaines scientifiques ;

convaincu, René Ferchaut de Réaumur (fin 17<sup>ème</sup> début 18<sup>ème</sup>) met au point son thermomètre (à alcool) qui fournit une grandeur mesurable pour quantifier la chaleur, soit la température. Cette grandeur largement diffusée en physique et, malgré l'affirmation du physicien Mariotte disant peu d'années avant : « *La chaleur n'est pas un principe constitutif (facteur moteur) des végétaux alors qu'il l'ait pour l'eau, l'air et la terre* », il l'utilisera en botanique et mettra en évidence le lien entre les températures journalières moyennes et le développement d'un grand nombre de plantes. Il sera à l'origine des lois générales, encore largement utilisées, des sommes de températures pour modéliser la croissance.

## « Les connaissances scientifiques et techniques évoluent vers une gestion culturale toujours mieux adaptée. »

Duhamel du Monceau (18<sup>ème</sup>) sera un scientifique éclectique et un expérimentateur qui se passionnera pour divers aspects : (1) l'analyse du fonctionnement de l'arbre et de la plante en fonction du climat en vue de gérer production et qualité du bois ; (2) l'introduction et l'adaptation de nouvelles essences exotiques forestières et espèces fourragères, sucrières, industrielles ; (3) l'art du labour et la création de machines adaptées au bon travail du sol ; (4) la conservation des céréales, utile à ses yeux pour réduire les famines, d'où la réalisation de greniers protégés des insectes et champignons (soufre et ventilation par éolienne). Son traité de phy-

siologie « *La Physique des arbres* », recueil de ses observations et compilations fera date. Il trouve une production cambiale centripète de vaisseaux qui conduit une sève montante et une production centrifuge de cellules de l'écorce avec un écoulement descendant ; par analogie avec la circulation du sang, cette double circulation assure le lien tant recherché entre les parties de l'arbre. Les feuilles qui transpirent et échangent aussi du gaz sont motrices à ses yeux, mais deux questions résistent à sa sagacité : « *Quelle force permet à l'eau de vaincre la pesanteur et se mouvoir si haut jusqu'au sommet des arbres ? Est-il possible que ces deux fluides (l'air entourant les feuilles et l'eau montant du sol) se puissent fixer dans l'organe des plantes et y faire partie de leur substance ? Donc comment se fait la transformation de l'eau, en bois, en feuilles, en écorces ?...* ». La question de la production de matière sèche devient le point majeur à élucider.

Ce sera grâce à la lignée des De Saussure (1709-1905), le père Nicolas, son fils Horace Bénédicte, son petit-fils Nicolas Théodore et arrière-petit fils Henry), tous scientifiques, attachés aux processus physiques (climatologie), chimiques et physiologiques importants en agronomie. Ils vont enfin pouvoir qualifier et quantifier les éléments chimiques des plantes et de leurs échanges avec les sols et l'air, grâce aux travaux de Lavoisier au 18<sup>ème</sup>. Nicolas Théodore de Saussure (1767-1845) répondra à la question de la formation de la matière sèche des plantes, dans : « *Composition et fonctionnements des végétaux* », car ses mesures de la composition de l'air et celles des échanges gazeux mettent en évidence une fonction essentielle de fixation du carbone par la plante.

Il précisera aussi le rôle du sol dans l'alimentation minérale de la plante (en 1804) et grâce à ses bilans, il soutiendra l'importance des engrais déjà bien mis en valeur par son grand-père Nicolas. Mais ce sera surtout Liebig (1803-1873) qui développera ces approches et deviendra le fondateur de la chimie agricole. Notons aussi qu'à cette fumure minérale et organique qui a trouvé ses bases scientifiques, il faut ajouter la notion d'oligo-éléments, mis un peu plus tard en lumière par Gabriel Bertrand (1867-1962).

Jean Baptiste Boussingault (1802-1887), physicien et agronome poursuivra le travail initié par Horace de Saussure liant météorologie et physiologie dans la production. Tous les éléments chimiques seront alors passés au crible dans les sols, les humus et la plante afin de parfaire le cycle des éléments nutritifs nécessaires aux plantes, et d'améliorer les fumures. Enfin, c'est grâce à la certitude de Pasteur qui pense que les transformations au sein d'un sol dépendent de la vie bactérienne, qu'Hellriegel (1831-1895) montre que la nitrification est un processus bactérien et confirme la fixation symbiotique de l'azote de l'air par les légumineuses (1875).

Rappelons aussi qu'au même moment Fourier, mathématicien et physicien, découvre les propriétés absorbantes dans l'infrarouge du gaz carbonique. Il voit dans l'explosion des activités humaines (consommation du bois et du charbon fossile) une croissance du gaz carbonique dans l'atmosphère et une augmen-

tation inévitable de son effet de serre, et donc d'un réchauffement (mémoire de 1831 à l'Académie des Sciences).

## CONCLUSIONS

Il est clair qu'à cette évolution des relations climat-agronomie, se superposent au moins deux autres évolutions qui deviennent des champs scientifiques en agronomie : (1) la sélection qui accompagne depuis toujours l'amélioration des espèces, deviendra plus scientifique avec des précurseurs (Vilmorin et Parmentier) et trouvera au 19<sup>ème</sup> des prémises théoriques avec les expériences génétiques de Mendel (1822-1884) ; l'explosion de cette discipline (au 20<sup>ème</sup>) débouche sur des modifications génétiques spécifiques dont les organismes génétiquement modifiés sont des exemples. (2) de même, de tout temps, la protection des cultures fut une préoccupation qui apparaît en filigrane chez Duhamel du Monceau et Pasteur ; cette protection se diversifie aussi au 20<sup>ème</sup> à travers les traitements phytosanitaires, herbicides et produits spécifiques, sans oublier la richesse des solutions de type « lutte biologique ».

Les évolutions agronomiques considérables du 20<sup>ème</sup> ont permis l'intensification et la haute productivité de l'agriculture grâce en particulier à une fertilisation abondante, une sélection de nouvelles variétés bien adaptées et une protection des cultures par des produits ciblés et efficaces. Cependant, avec la fin du dernier quart de ce siècle, des contrecoups dus aux dégradations environnementales encore mal évaluées se

firent jour. Les connaissances scientifiques et techniques au 21<sup>ème</sup> évoluent : (1) vers une gestion culturale toujours mieux adaptée, automatisée, plus précise et mieux informatisée qui ouvre la porte à une véritable agriculture de précision dans l'espace et le temps, tout en respectant toujours plus la qualité environnementale des milieux agronomiques; (2) vers de nouvelles sélections et adaptations spécifiques, utilisant possiblement des OGM, mais aussi la sélection de couverts à culture mixte (agro-écologique) ou de mélanges variétaux gérés au mieux en fonction du climat, des sols et des intrants (engrais, pesticides, herbicides et moyens de lutte biologique...). Des évolutions se dessinent mais les voies possibles devront répondre à l'amélioration de l'environnement et à l'acceptabilité sociale.

Cependant les sociétés demeurent instables, leur économie aussi ; il faut souvent peu de chose pour que le système s'écroule ; pour se reconstruire nouveau il lui faudra d'autant plus de temps qu'il lui en aura fallu pour se désagréger. Je n'irai pas jusqu'à dire comme Yves Paccalet : pour le devenir de la planète : «Si l'humanité disparaît, bon débarras ! ». ■

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



# DOSSIER

**A la recherche de nouveaux  
systèmes de culture**





**Jean-Marc Meynard,**  
Membre correspondant de  
l'Académie d'agriculture  
Directeur de recherche à  
l'INRA.



**Marie-Hélène Jeuffroy,**  
Membre correspondant de  
l'Académie d'agriculture  
Directeur de recherche à  
l'INRA.

## Jean-Marc Meynard et Marie-Hélène Jeuffroy

Directeurs de recherche à l'INRA

### Les méthodes de conception et d'évaluation pour des systèmes de culture innovants

La seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle a été marquée par une intensification des pratiques agricoles, par une simplification des assolements et un raccourcissement des rotations, qui ont certes conduit à une augmentation spectaculaire de la productivité par hectare et de la production, mais également à une dégradation avérée de la qualité des eaux, de l'air et des sols. L'agriculture est aujourd'hui confrontée à de multiples enjeux : son objectif n'est plus seulement de produire des denrées alimentaires pour garantir la sécurité alimentaire d'une population mondiale en forte croissance, mais la société attend également d'elle qu'elle réduise les impacts de ses activités sur l'environnement, qu'elle soit moins dépendante de l'usage de pesticides, qu'elle diminue sa contribution au changement climatique, et sa consommation d'énergie fossile, qu'elle produise des biens non alimentaires (notamment énergie), et qu'elle contribue au développement durable. Pour répondre à ces défis, parfois antagonistes, les modes de production doivent changer en profondeur : un travail de re-conception des systèmes de culture doit être entrepris. Mais tant la diversité des futurs possibles et celle des situations locales (conditions pédo-climatiques, conditions socio-éco-

nomiques, hiérarchie des enjeux partagée par les acteurs) multiplient à l'infini le besoin d'innovation.

Or, les pratiques agricoles, même si elles sont appliquées de manière séquentielle sur un temps parfois long (incluant par exemple la nature des espèces semées successivement sur une parcelle), sont fortement interdépendantes entre elles, par les effets qu'elles ont sur le milieu, mais aussi par le fait qu'elles sont décidées et mises en œuvre par l'agriculteur, dans un cadre contraint par ses débouchés et les ressources dont il dispose. En production céréalière, par exemple, la fertilisation azotée et la protection phytosanitaire varient selon la date de semis, la variété semée et la nature de la culture semée l'année précédente sur la parcelle, mais aussi selon le marché visé (par exemple orge pour la brasserie ou l'alimentation animale). C'est cette interdépendance qui caractérise la notion de système de culture. En prenant en compte ces interactions dans une perspective d'innovation et de transition, les agronomes montrent que le changement d'une pratique conduit généralement à en changer une ou plusieurs autres. Pour aider l'agriculture à évoluer vers les attentes de la société, il faut penser et agir de manière systémique.



Face à la diversité des situations agricoles, des visions du futur des acteurs de terrain, et donc des attentes en matière de systèmes agricoles, il n'est pas possible, ni même souhaitable, de chercher à concevoir des innovations consensuelles, des paquets techniques idéaux "clef en mains", qu'il s'agirait ensuite de diffuser auprès des agriculteurs. Il apparaît au contraire encore plus nécessaire (1) de préparer une diversité de solutions techniques (bibliothèque d'innovations), et (2) de proposer aux acteurs de terrain (en particulier les agriculteurs et leurs conseillers) des méthodes et des outils pour construire et évaluer eux-mêmes des systèmes de culture innovants, tenant compte et valorisant les interactions fortes existant entre techniques, en adaptant à leur situation précise les innovations qui paraissent les plus pertinentes.

La conception des nouveaux systèmes de culture nécessite au préalable de connaître les systèmes actuels et leurs limites, afin d'identifier les améliorations prioritaires à engager et de définir la hiérarchie des nouveaux objectifs à satisfaire. L'analyse historique de l'évolution conjointe des pratiques agricoles et des concepts imaginés par les agronomes donne ainsi des clés de compréhension des logiques d'action actuelles, et aide à identifier les évolutions majeures à entreprendre. De même, l'analyse du fonctionnement du système socio-technique actuel, c'est-à-dire les liens étroits existants entre les activités, les actions et les organisations des acteurs majeurs influençant le système agricole, permet de comprendre les évolutions passées de ce système, et d'identifier les voies possibles de changements futurs.



Dans cette perspective, l'objet de ce dossier, largement inspiré des communications présentées à l'Académie d'Agriculture de France au cours des séances des 20 Novembre 2013, 5 février et 2 avril 2014, est de faire le point sur l'évolution des systèmes de culture : quels sont les systèmes actuels et leurs limites ; quelles sont les innovations techniques à l'étude ; quels sont les outils et méthodes mis au point pour aider les acteurs de terrain à concevoir et à évaluer des systèmes de culture conciliant performances économiques, sociales et écologiques ; comment prendre en compte une extrême diversité de situations, en vue de construire et déployer des solutions adaptées à chaque cas, en vue d'aider chaque agriculteur à mettre au point ses propres solutions ; comment partager, diffuser, extrapoler les expériences réussies et faire connaître les échecs ; quels sont les leviers et les freins à la diversifica-

tion des cultures, levier majeur pour accroître la durabilité des systèmes de production agricole ?

Depuis de nombreuses années, la recherche travaille sur ces thèmes et propose une diversité de réponses, en mobilisant des méthodes variées. Sur ces questions, les travaux sont le plus souvent menés en collaborations par les différents acteurs de l'agriculture et de la R&D agricole : agriculteurs, conseillers, chercheurs de la recherche publique et d'instituts techniques, pouvoirs publics, ingénieurs et techniciens des organisations professionnelles agricoles, des coopératives ou des entreprises privées, permettant de fait un apprentissage et un déploiement des solutions innovantes, pour une transition agro-écologique en marche. ■

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



**Catherine Mignolet,**  
Ingénieur de recherche  
INRA-SAD / Unité ASTER  
(Agro-Systèmes, Territoires,  
Ressources)

## Catherine Mignolet et Laurence Guichard

Ingénieurs de recherche à l'INRA

### L'évolution des systèmes de culture en France depuis les années 1970

**Depuis la décennie 1970, l'agriculture française connaît de profondes mutations, encadrées et pilotées par la politique agricole européenne et les impératifs des marchés, et marquées par des évolutions agronomiques et techniques sans précédent.**



**Laurence Guichard,**  
Ingénieur de recherche  
INRA-EA / UMR Agronomie

La modernisation de l'agriculture s'est accompagnée de dynamiques spatiales qui ont créé, par effet d'homogénéisation des systèmes de production, les grandes régions agricoles que nous connaissons actuellement. Une des tendances fortes de ces 40 dernières années est la spécialisation des exploitations agricoles – les unes produisant des cultures sans élevage, les autres des animaux (presque) sans cultures – qui a conduit à la spécialisation de régions entières, traditionnellement dédiées à une agriculture de polyculture élevage. Certaines, dotées d'avantages agronomiques sont devenues des régions de grandes cultures, d'autres bénéficiant de situations commerciales et industrielles favorables ont concentré les activités d'élevage. La « modernisation » de l'agriculture s'est donc majoritairement basée sur la spécialisation des

territoires autour d'un nombre restreint de productions.

#### DES ASSOLEMENTS QUI SE SPÉCIALISENT

Depuis les années 1970, l'assolement français est caractérisé par une augmentation constante des surfaces en blé et un développement spectaculaire des surfaces en colza, au détriment des prairies permanentes et des espèces végétales liées à la polyculture élevage (luzerne, orge d'hiver). Dans de nombreuses régions d'élevage (Bretagne, Normandie, Pays de Loire, Lorraine), la diminution des surfaces en herbe est en partie compensée par la progression du maïs fourrage, moyennant souvent des aménagements tels que le drainage. Cette progression du maïs fourrage a été particulièrement marquée dans les années 1970 et 1980, en relation

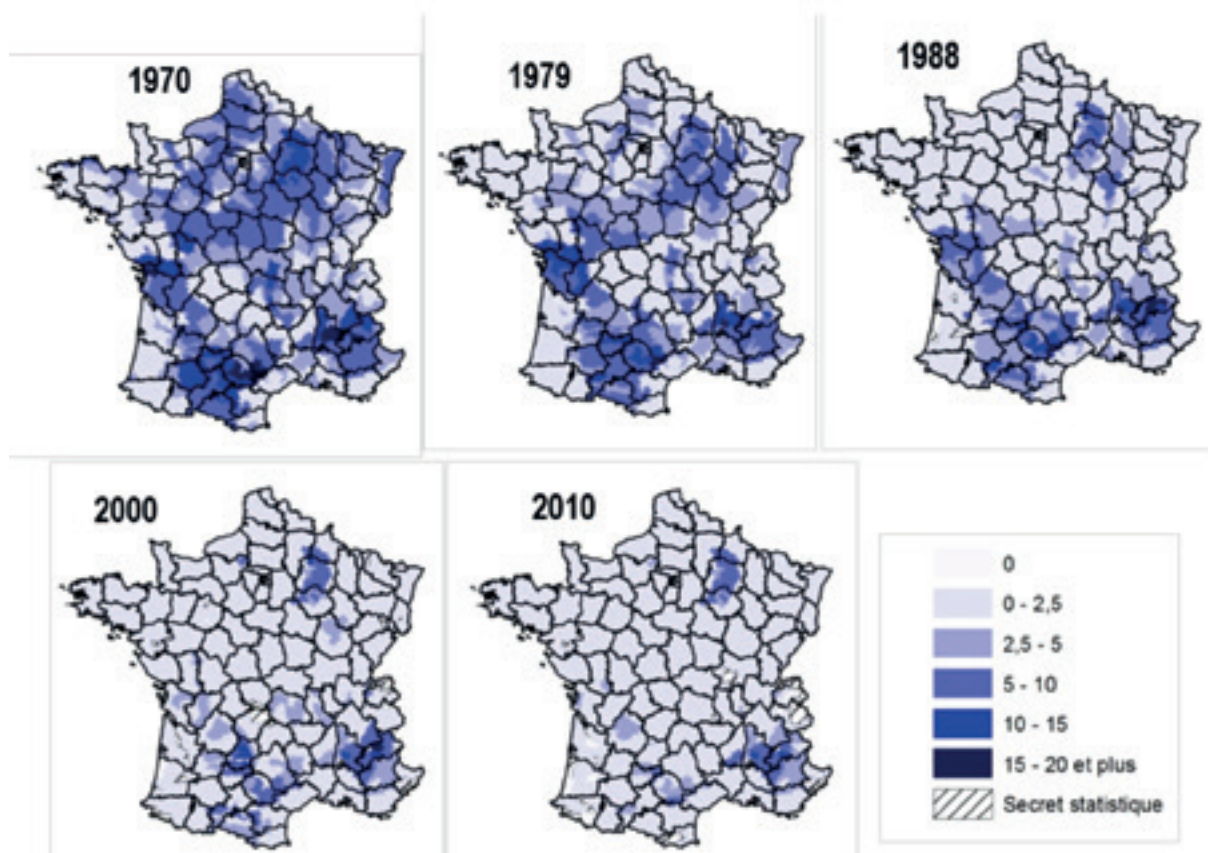


Figure 1 : Evolution des surfaces en prairies artificielles (cultures de légumineuses fourragères, ici principalement luzerne) (en % de la SAU française par région agricole)

Source : Recensements Agricoles

avec l'intensification de la production laitière et le développement d'ateliers d'engraissement de jeunes bovins. L'évolution de la localisation des surfaces en luzerne (Figure 1) apparaît particulièrement emblématique du déclin des exploitations de polyculture élevage (Schott *et al.*, 2010). En 1970, la luzerne est présente sur une large partie du territoire, et en général autoconsommée par le bétail dans les exploitations où elle est cultivée, avec des surfaces pouvant atteindre par endroits 10 à 15% de la SAU. Quarante ans plus tard, elle a quasiment disparu et s'est progressivement concentrée dans le sud-est de la France et en Champagne crayeuse dont les sols calcaires à forte réserve hydrique sont favorables à une production élevée,

encourageant l'implantation d'usines de déshydratation produisant des bouchons, qui sont incorporés dans les aliments du bétail vendus aux éleveurs des régions spécialisées en élevage. Cette production décline à son tour dans les années 2000 en relation avec la hausse du prix de l'énergie, la baisse du soutien européen et la concurrence du tourteau de soja venu du continent américain.

A l'inverse des prairies permanentes et artificielles, les surfaces en blé tendre progressent sur une large partie du territoire français, en particulier dans toute la moitié nord, jusqu'à dépasser 50% de la SAU en Beauce et dans certaines régions agricoles de l'Oise et de Seine-et-Marne. En relation avec la spécialisation des

régions de culture, les surfaces en colza, en pois protéagineux et, dans une moindre mesure, en tournesol se développent de manière parfois spectaculaire à partir des années 1980, au détriment des céréales secondaires (orge, seigle, avoine), du maïs grain et de la luzerne. Le colza s'étend d'abord aux régions de l'est de la France où ses surfaces sont multipliées par 3 en 40 ans, puis dans certaines régions céréalières du centre et de l'ouest (Figure 2). Dans les années 2000, profitant de la diminution des surfaces en pois protéagineux liée à l'irrégularité des rendements, à des problèmes phytosanitaires et à une diminution des aides après 1995, le colza devient la principale culture tête de rotation dans de nombreuses régions agricoles françaises.

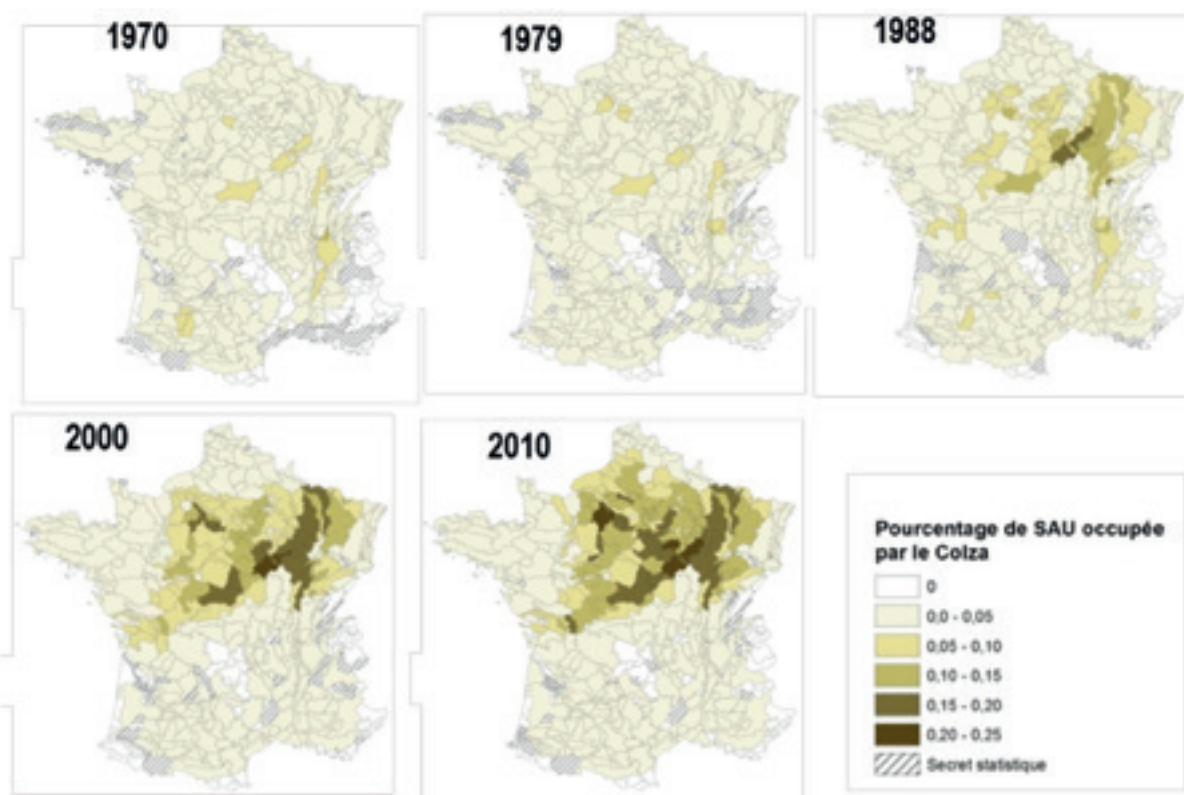


Figure 2 : Evolution des surfaces en colza en France (en % de la SAU par région agricole)  
Source : Recensements Agricoles

### DES SUCCESSIONS DE CULTURES QUI SE SIMPLIFIENT ET SE RACCOURCISSENT

En parallèle à ces changements profonds d'assolement, les successions de cultures se modifient témoignant d'une transformation des logiques agronomiques. La tendance dominante observée est marquée par la simplification des successions culturales, liée notamment à la réduction du nombre d'espèces cultivées (Mignolet *et al.*, 2007). Ainsi, l'analyse des suites de cultures pratiquées sur trois années consécutives (nommées « triplets de cultures ») à partir de l'enquête « Teruti », montre que 31 et 34 triplets de cultures représentaient 50% des terres labourables en France, respectivement sur les

périodes 1981-1986 et 1992-1996, alors qu'il n'en faut plus que 20 en 2006-2010. Les successions à base de pois, après avoir progressé dans la décennie 1980, diminuent fortement et sont principalement remplacées par des successions à base de colza (colza-blé-orge, blé-colza-blé et colza-blé-blé) et par des successions céréalières (blé-blé-blé et blé-blé-orge) en augmentation sur la décennie 1990 (Figure 3).

Cette simplification des successions culturales prend des formes différentes selon leur localisation dans les régions agricoles françaises (Mignolet *et al.*, 2012 ; Xiao *et al.*, 2014). A titre d'exemple, la progression de la rotation colza-blé-orge, même si elle concerne quasiment toute la moitié nord de la France, est surtout mar-

quée dans sa partie est, en particulier sur les plateaux du Barrois et de la Bourgogne et dans le département de l'Yonne. De manière complémentaire, la rotation colza-blé-blé progresse essentiellement dans le nord-ouest, notamment dans les plaines de Beauce.

### UN USAGE ACCRU DES INTRANTS DE SYNTHÈSE DANS LES SUCCESSIONS CULTURALES COURTES

La spécialisation des assolements et la simplification des successions de cultures ont été rendus possibles par une forte évolution des itinéraires techniques de conduite des cultures, et en particulier par l'augmentation constante de l'usage des intrants de synthèse. Dans les régions de

grande culture, l'absence d'effluents d'élevage et la disparition des protéagineux entraînent un besoin accru d'engrais azotés. De surcroît, les rotations courtes, dominées par un petit nombre d'espèces dont la concentration s'accroît dans les territoires, sont dépendantes de l'usage des pesticides qui permettent de maîtriser les populations de parasites, ravageurs et adventices en augmentation dans ces systèmes simplifiés. Ainsi, plus que la fertilisation azotée minérale, ce sont les pesticides qui sont devenus les pivots des systèmes de culture.

Les résultats des enquêtes « Pratiques culturales » de 1994, 2001 et 2006 permettent de l'illustrer. Sur la culture du colza, même si les doses d'azote minéral apporté diminuent depuis les années 1990, les doses les plus élevées sont apportées dans les exploitations à fort pourcentage de colza dans la SAU. De même, sur les régions agricoles du bassin de la Seine, Schott *et al.* (2010) identi-

fient une corrélation positive significative entre le pourcentage de colza dans la SAU d'une région agricole et le nombre moyen de traitements herbicides (et plus généralement le nombre moyen de traitements phytosanitaires totaux) effectués sur colza dans la même région. En 2006, treize systèmes de culture principaux incluant du colza ont été identifiés en France (Schmidt *et al.*, 2010). Leur importance relative varie fortement d'une région à l'autre, Deux d'entre eux, représentant près de 19% des surfaces en colza françaises, correspondent à des parcelles à rotations très courtes et très simplifiées (avec retour du colza fréquent) dans lesquelles le labour est exceptionnel. Dans ces situations observées dans les exploitations les plus grandes, le colza est conduit sur un mode intensif, avec une forte fertilisation et une utilisation importante de pesticides, mais les rendements y sont relativement bas. A l'opposé, les systèmes de culture avec rotations longues et

labour plus fréquent sont associés à une utilisation plus modérée de pesticides et à des rendements plus élevés.

Si à l'avenir, l'accroissement de la taille des exploitations se poursuit, on peut s'attendre à une progression de ces systèmes de culture avec colza basés sur des rotations courtes et simplifiées et sur un usage intensif d'intrants. On peut alors craindre une augmentation concomitante des IFT du colza alors même que cette évolution de l'usage des intrants ne suffit pas toujours à maintenir les performances agronomiques, et en particulier les rendements des cultures : des premiers travaux permettent ainsi de poser l'hypothèse que des successions culturales courtes, avec des délais de retour rapides entre les mêmes espèces végétales, seraient un des facteurs explicatifs à la stagnation des rendements des cultures observée depuis le milieu des années 1990.

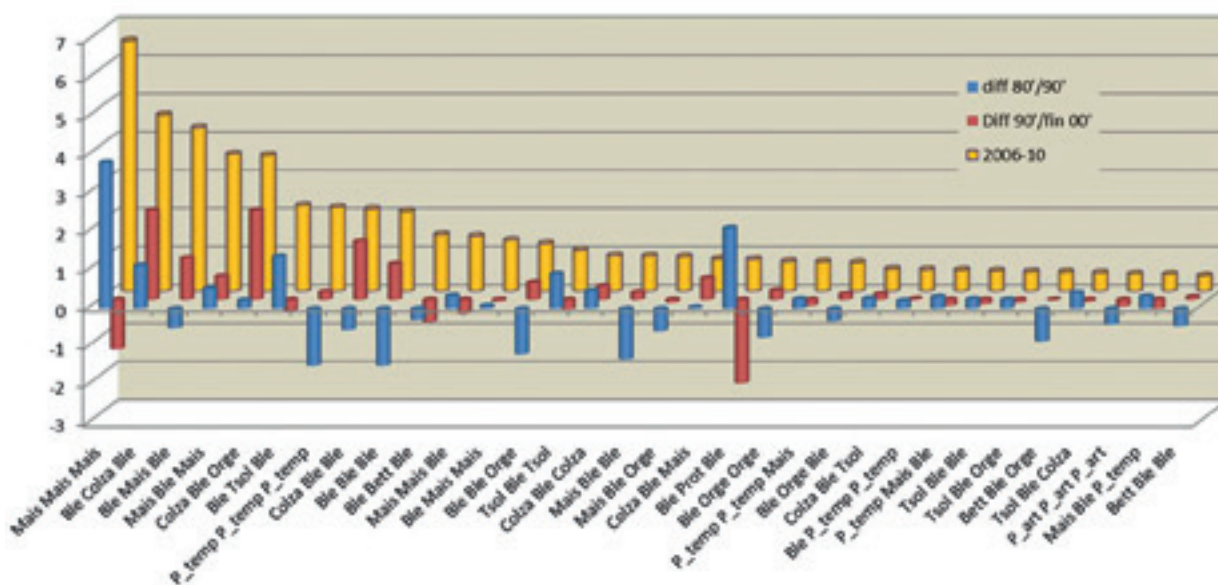


Figure 3 : Proportion des triplets de cultures dans les terres labourables en France sur la période 2006-2010 (en jaune) et évolution de cette proportion entre les décennies 1980 et 1990 (en bleu) et les décennies 1990 et 2000(en rouge).  
Source : enquête Teruti

## DES CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES À LONG TERME

Au-delà de leur impact sur les performances agronomiques, la spécialisation des exploitations et des territoires pose de nombreux problèmes écologiques. Elle s'accompagne d'une uniformisation des paysages, favorisée par de vastes opérations de remembrement souvent associées à des opérations d'aménagements hydrauliques de grande ampleur. A titre d'exemple sur le bassin versant de la Seine, les zones humides drainées ont ainsi vu leur surface multipliée par 4 en 30 ans, passant de 3% de la SAU du bassin en 1970 à 12% en 2000. Le remplacement des prairies par des cultures annuelles et l'agrandissement des parcelles agricoles entraînent une perte de biodiversité liée à la diminution de l'hétérogénéité des mosaïques paysagères et à la réduction de la diversité et de la connectivité des habitats.

Par ailleurs, l'augmentation de l'usage des intrants de synthèse, engrais minéraux et pesticides, provoque la contamination des ressources en eau souterraines et superficielles, qui s'est aggravée dans la quasi-totalité des rivières et des masses d'eau, atteignant parfois des seuils critiques dans les régions spécialisées en grande culture (Schott *et al.*, 2009). Cette dégradation de la qualité des ressources en eau restera marquée pour longtemps. Sur l'exemple du bassin versant de la Seine, la modélisation de la dynamique de pollution des formations aquifères par le nitrate montre que les nombreuses inerties du système hydrologique limitent

à court et moyen termes l'efficacité de toute forme de changement de pratique agricole (Ledoux *et al.*, 2007). La simulation d'un scénario extrême basé sur l'arrêt complet du recours aux engrais minéraux azotés sur le bassin ne permet de retrouver de faibles concentrations en nitrate qu'au bout de plusieurs décennies. De la même façon, d'autres travaux de modélisation montrent qu'il faudra attendre une cinquantaine d'années après l'interdiction de l'atrazine pour qu'elle disparaisse des eaux souterraines des grands aquifères du bassin (Schott et Billen, 2012)



## CONCLUSION

Malgré une évolution sensible des politiques publiques depuis une dizaine d'années prenant conscience de l'impasse à laquelle conduit cette agriculture spécialisée et intensive, ce sont des transformations radicales des façons de produire qu'il faudrait pouvoir impulser à l'opposé des tendances lourdes qui perdurent. Parmi ces transformations, la rediversification des cultures, via notamment le

développement d'activités d'élevage dans les zones de grande culture, favoriserait le recyclage local d'éléments fertilisants, en renouant avec la complémentarité entre l'animal et le végétal, et l'expansion de cultures favorables à l'environnement telles que les légumineuses, permettrait de réduire les consommations d'intrants extérieurs (engrais azotés, protéines végétales pour l'alimentation des animaux). Diversifier les cultures dans les successions et les paysages permettrait également de réduire l'emploi des pesticides par une limitation du développement des bioagresseurs, et ainsi d'améliorer l'état des écosystèmes.

Toutefois, cette diversification se heurte aux dynamiques de filières, qui poussent à la simplification des systèmes de production (Farès *et al.*, 2012). Les systèmes de production actuels et leur localisation s'avèrent totalement cohérents avec l'organisation des filières amont et aval en place et avec les systèmes de diffusion des conseils technico-économiques aux agriculteurs (Meynard *et al.*, 2010). Proposer des systèmes de production alternatifs qui ne soient pas qu'une adaptation à la marge des systèmes dominants actuels nécessitera d'une part de comprendre les processus de verrouillages qui confortent les systèmes actuels et d'autre part, de contribuer à légitimer des systèmes agricoles innovants et plus économes en intrants d'un point de vue scientifique et pratique (Vanloqueren et Baret, 2009). ■

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



**Guénaëlle Corre-Hellou,**  
UR LEVA (légumineuses, éco-  
physiologie, agroécologie),  
ESA Angers

## **Guénaëlle Corre-Hellou**

Enseignante-chercheuse UR LEVA,  
ESA Angers

### **Les systèmes basés sur des associations d'espèces avec légumineuses**

Beaucoup d'agriculteurs dans le monde, en particulier ceux localisés dans les régions tropicales, dépendent toujours des systèmes plurispécifiques pour leur alimentation et leur revenu. Différentes formes de mélange d'espèces existent dans les agroécosystèmes : mélanges de variétés, mélanges d'espèces cultivées annuelles, mélange d'espèces prairiales, mélanges d'arbres ou combinaison de plusieurs formes comme l'agroforesterie. En Europe, l'intensification des systèmes agricoles a conduit à des systèmes très productifs reposant sur une très forte utilisation des intrants azotés et des produits phytosanitaires. Elle s'est accompagnée d'une simplification des systèmes de culture ; la diversité des espèces cultivées annuelles est aujourd'hui très réduite dans le temps (successions de cultures) et il y a en général homogénéité génétique dans la parcelle. Les associations d'espèces ont quasiment disparu dans les systèmes de culture annuels, excepté en agriculture biologique. Avant les années 2000, l'essentiel des travaux de recherche publiés sur les associations annuelles —autres que fourragères— ont été conduits en Afrique et en Asie.

La diversification des systèmes de

culture en France via l'introduction de légumineuses annuelles se fait surtout dans le temps dans la succession culturale. La diversification via l'introduction de légumineuses en association avec une autre espèce est beaucoup plus rare. Néanmoins depuis 10 ans, face à l'augmentation des préoccupations environnementales et de recherche d'une meilleure efficacité d'utilisation des ressources, les travaux de recherche et de développement s'intensifient en France sur des systèmes associant sur la même parcelle une légumineuse et une non-légumineuse.

#### **DIFFÉRENTES FORMES D'ASSOCIATION**

Les associations d'espèces annuelles sont définies comme la culture simultanée d'au moins deux espèces sur la même parcelle. Elles ne sont pas forcément semées et récoltées en même temps mais doivent être présentes sur la même parcelle pendant une période significative de leur croissance. Plusieurs formes d'associations d'espèces sont actuellement étudiées. Une première catégorie comprend les associations où les deux espèces sont récoltées (en grain ou en fourrage) dans le cas d'associations de



blé et de pois, de triticale et de lupin par exemple... Ces associations permettent des gains de production et de qualité par rapport à la culture séparée des deux espèces tout en économisant des intrants et en réduisant les impacts environnementaux. Ces gains sont en grande partie dus à la complémentarité des espèces pour l'utilisation des sources d'azote. Ces associations permettent aussi de sécuriser la production de protéagineux particulièrement sensibles en cultures pures à différents facteurs biotiques. Une autre catégorie comprend les associations où la légumineuse n'est pas récoltée. Dans l'association de blé et de trèfle par exemple, le trèfle procure des services relatifs à la gestion de l'azote et à la gestion des adventices pendant la culture mais surtout après la

récolte du blé, la légumineuse restant en place pendant l'interculture suivante. Des associations avec du colza et une légumineuse sont aussi actuellement en cours de développement. Dans cette association, la légumineuse permet d'améliorer la compétitivité vis-à-vis des adventices à l'automne et sa destruction par le gel durant l'hiver conduit, après minéralisation, à la fourniture d'N au colza. D'autres types d'associations voient encore le jour avec une diversité d'espèces principales, de contextes et de contraintes de production. En fonction des modes d'insertion de la légumineuse, les services et les dis-services ne sont pas les mêmes en lien aussi avec des processus en jeu assez différents. Les marges de manœuvre pour l'insertion dans les exploita-

tions et les filières ne sont pas non plus les mêmes en fonction du type d'association.

### **INSERTION DANS LES FILIÈRES – FREINS ET OPPORTUNITÉS DE DÉVELOPPEMENT**

Les cultures associées céréale-protéagineux présentent de nombreux atouts dans les systèmes de culture pour améliorer leur durabilité et robustesse face à divers aléas. Néanmoins, les deux cultures étant valorisées le plus souvent séparément, des difficultés peuvent apparaître pour leur insertion dans les filières (tri des espèces, besoin en cellules de stockage supplémentaires, coût du tri, disponibilité de la main-d'œuvre pour traiter de façon



particulière des lots en période de pointe d'activités...)

Même si les freins existent, depuis 5 ans on commence à voir plusieurs collecteurs qui acceptent ces mélanges et des pistes sont identifiées pour lever certains freins (choix des espèces, matériels de tri plus sophistiqués...). Des opportunités sont aussi envisagées via ces cultures associées. Elles présentent en effet des atouts pour certaines filières comme la sécurisation de l'approvisionnement en protéagineux, ou la fourniture de céréales à teneur en protéines élevée tout en garantissant des faibles impacts environnementaux pour leur production ; des éléments qui peuvent être différenciants dans la valorisation des produits.

Des enquêtes sur les potentialités de développement et l'analyse de filières incluant déjà ces associations montrent que ces pratiques peuvent être plus facilement adoptables dans des coopératives et collecteurs orientés vers une gestion de la qualité ; ce sont elles aussi qui possèdent des trieurs performants et des marges de manœuvre de temps de passage pour le tri de ces mélanges. Dans tous les cas il apparaît aussi que le développement des cultures associées nécessite une coordination efficace des acteurs le long de la filière. Des convergences entre des objectifs de sécurisation de l'approvisionnement local en protéagineux pour les collecteurs et de facilitation de leur culture (moins de facteurs limitants qu'en culture seule) pour les agriculteurs sont des exemples bien réels où les intérêts des différents acteurs se rejoignent sur les cultures associées. Pour la valorisation du blé associé en alimentation humaine, des difficultés persistent pour certaines associations



par exemple avec du pois car des grains cassés de pois se retrouvent avec la fraction de blé. Le choix de variétés adaptés (pour éviter la surmaturité du pois à la récolte) ou le choix des espèces (calage de maturité mais aussi taille de graines suffisamment différente) ainsi que le matériel de tri sont des leviers qui peuvent résoudre en partie ces difficultés.

Des expériences montrent par ailleurs que la faisabilité d'insertion dépend aussi de la valeur ajoutée des productions ; quand elle est forte, le tri et le coût associé (environ 15 euros/tonne) ne représentent qu'une faible contrainte par rapport aux nombreux bénéfices (réduction des coûts d'intrants, amélioration de la qualité de la

production, sécurisation d'une production face à divers aléas...).

Au-delà des questions logistiques d'insertion dans les filières, d'autres points peuvent être clés dans l'adoption de ces pratiques : le conseil pour ces pratiques innovantes, la gestion de couverts complexes et risques associés, la réglementation (quelle catégorie PAC ?, quels produits phytosanitaires homologués ?,...) nécessitant là aussi des démarches pluridisciplinaires et multi-acteurs pour lever les freins à la mise en œuvre de ces formes de diversification dans les systèmes de culture. ■

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



**Eric Scopel,**  
Agronome système de culture,  
Directeur de l'UR AïDA  
(Agroécologie et intensification  
durable des cultures)



**Lucien Seguy,**  
Ingénieur agronome,  
Spécialiste du semis direct  
sous couvert végétal perma-  
nent (SCV).

## Eric Scopel et Lucien Séguy

Ingénieurs agronomes

### L'Agriculture de conservation au Brésil : sa diffusion et ses performances

**Dans les contextes tropicaux, les productions agricoles sont particulièrement difficiles à pérenniser de par l'agressivité du climat, la fragilité de la majorité des sols et donc l'intensité de certains facteurs de dégradation naturelle des ressources dès que l'écosystème naturel est déplacé pour permettre les mises en culture.**

Pour répondre à ces contraintes et en particulier pour limiter l'érosion des sols, les producteurs brésiliens ont été amenés très tôt à développer des systèmes en Agriculture de conservation (AC dans ce texte) qui sont basés sur trois principes combinant à la fois la diminution de l'intensité du travail du sol (voire souvent sans travail du sol), la protection de ce dernier par une couverture végétale, morte ou vivante, et la diversification des espèces cultivées, dans les rotations et/ou associations. Ces systèmes ont commencé à se développer dans le sud du pays, en conditions sub-tropicales. C'est à l'initiative d'un groupe de producteurs particulièrement motivés de l'état du Parana que l'on doit l'origine de ce changement profond, à partir des années 70, du mode de production des grandes cultures locales comme le soja et le maïs principalement. Ceux-ci importent un premier semoir de semis direct des Etats-unis

et constituent un groupe de recherche commun pour la mise au point de nouveaux systèmes basés sur ces principes. Cela prendra une bonne vingtaine d'années avant que ces systèmes ne soient stabilisés, efficaces et commencent à diffuser significativement (figure 1). En revanche, les surfaces en AC vont alors régulièrement augmenter jusqu'à nos jours où ces systèmes couvrent plus de 30 millions d'hectares en grandes cultures (soja, maïs, coton en particulier).

Ces systèmes ont essentiellement été adoptés par les grands producteurs mécanisés pour lesquels, à la fois des équipements et les intrants permettant leur mise en place, ont rapidement été mis à disposition par le secteur privé de l'agro-industrie. On peut toutefois signaler deux étapes intéressantes dans ce processus de diffusion des systèmes en AC au Brésil. La première a été leur adaptation aux petits producteurs du



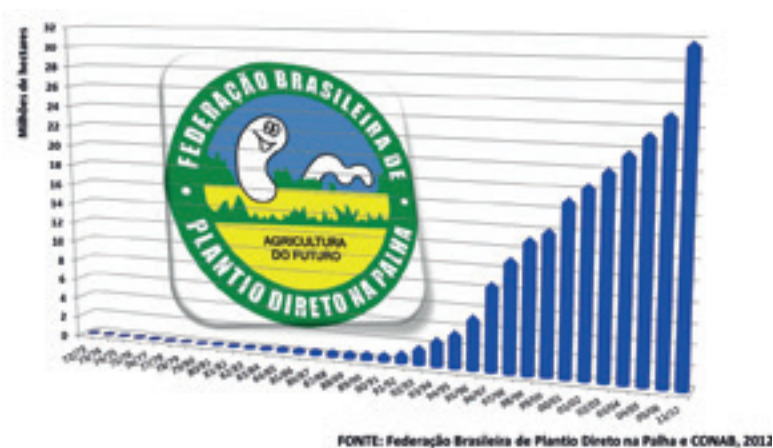
Sud Brésil (Ribeiro, 2001) par la mobilisation coordonnée à la fois du secteur de la recherche, du secteur privé pour les équipements, des politiques publiques et du secteur bancaire. Cela s'est traduit par une adoption significative par l'agriculture familiale, même si elle a été moins systématique et moins durable en fonctions des cultures produites (tabac par exemple).

La deuxième, et probablement la plus importante, a été la nécessaire adaptation des systèmes aux conditions tropicales, avec la progression du front pionnier agricole vers le Nord et l'intérieur du pays dans les années 70-80. En effet, les conditions plus chaudes et les fortes pluies tropicales ont obligé à incorporer dans les rotations des plantes de services à forts systèmes racinaires et croissance

rapide, juste avant ou juste après la culture principale (Séguy *et al.*, 1996). Ces plantes devaient couvrir le sol en dehors du cycle de croissance de la culture commerciale, recycler un certain nombre d'éléments minéraux potentiellement perdus par lixiviation, améliorer l'efficacité d'utilisation des ressources disponibles (eau, minéraux), améliorer la production photosynthétique du couvert en place et contribuer à des bilans carbone plus équilibrés (figure 2). Ce pas technique et son adaptation aux différentes cultures plus tropicales (riz, coton) a permis une large diffusion de l'AC dans ces régions qui recouvrent actuellement la grande majorité de la production en grandes cultures exclusivement cultivées en AC (Scopel *et al.*, 2004b).

Un certain nombre d'études ont permis de caractériser et de quantifier les effets de tels systèmes sur la gestion et la valorisation des ressources disponibles ainsi que leurs performances

Figure 1 : Evolution des surfaces en Agriculture de conservation au Brésil  
(Source : www.febrapdp.org.br)



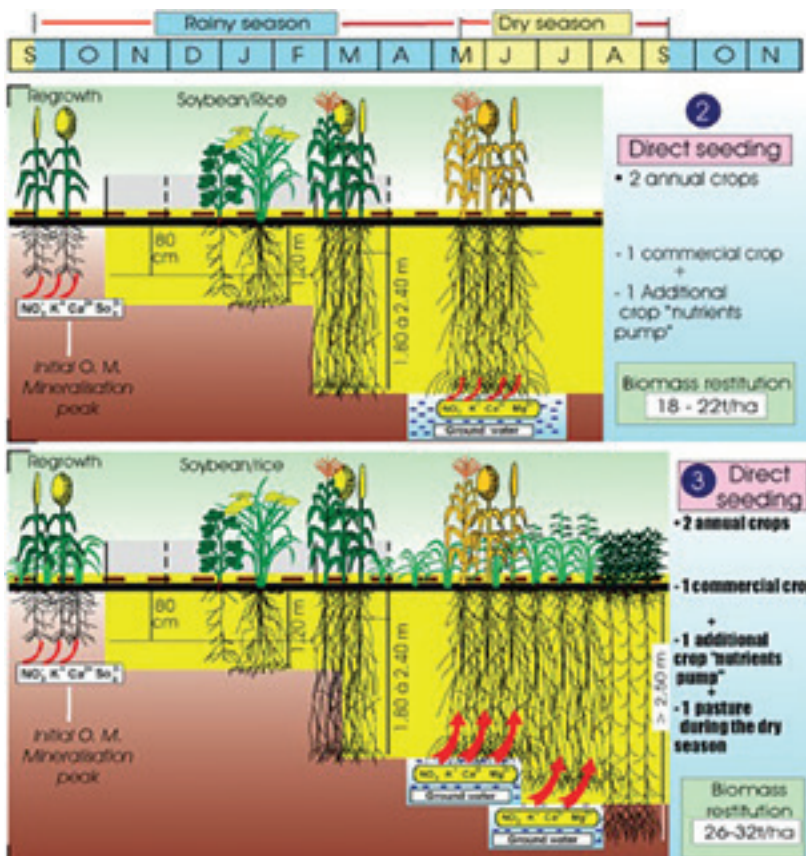


Figure 2 : Systèmes en AC avec plantes de couverture dans les Cerrados au Brésil (source Séguy et Bouzinac, 2001)

agronomiques dans les Cerrados (plateaux centraux) brésiliens.

Concernant le contrôle et la valorisation de l'eau pluviale, il a pu être montré que comme dans de nombreuses régions du monde, la présence d'un paillis, même de couverture partielle, contribue à diminuer significativement les pertes par ruissellement et évaporation directe du sol. Cependant en conditions sub-humides avec de fortes pluviométries cela peut contribuer à augmenter directement les pertes par drainage si la culture commerciale n'est pas accompagnée ou suivie par une plante de couverture qui peut valoriser au fur à mesure ce surplus d'eau disponible (Scopel *et al.*, 2004). En revanche, la protection du sol et la diminution des flux superficiels de ruissellement supposent un contrôle très

efficace de l'érosion et des pertes en matières organique liées.

En ce qui concerne les stocks de carbone des sols, la mise en valeur agricole avec travail du sol peut conduire sous ces climats à une perte conséquente via érosion et via minéralisation excessive (Séguy *et al.*, 1996). Les systèmes en AC contribuent à atténuer ces pertes par maîtrise des effets pervers du labour, voire les inverser lorsque l'on atteint des niveaux suffisants de restitution de résidus organiques (de l'ordre de 8 à 12 t de matière sèche par ha). Ainsi, à l'instar de la figure 3, on a pu montrer des taux de stockage entre 200 à 1600 kg de C par hectare (Bernoux *et al.*, 2006) A ce titre les systèmes sont d'autant plus performants qu'ils sont intensifs avec des hauts niveaux de productivité, qu'ils connaissent peu d'exportations de biomasse et surtout qu'ils incorporent une plante de couverture additionnelle qui augmente considérablement leur efficacité d'utilisation des ressources (Corbeels *et al.* 2006).

Les modifications précédentes jouent directement sur l'offre et la valorisa-

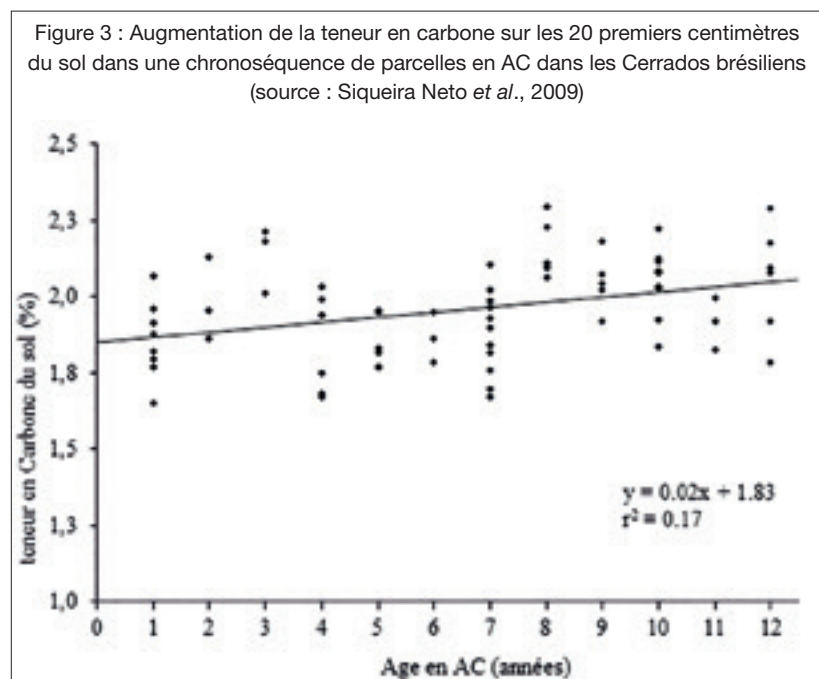


Figure 3 : Augmentation de la teneur en carbone sur les 20 premiers centimètres du sol dans une chronoséquence de parcelles en AC dans les Cerrados brésiliens (source : Siqueira Neto *et al.*, 2009)

tion de certains éléments minéraux mobiles. Ainsi l'augmentation des stocks de carbone des sols s'accompagne généralement d'une augmentation de l'azote organique (Maltas *et al.*, 2007). La présence du paillis de surface maintient plus fréquemment et plus longtemps des conditions (température et humidité) favorables à la minéralisation dans la couche superficielle du sol. De même si une légumineuse a été incorporée comme précédent, l'azote fixé par fixation symbiotique peut être remis à disposition par minéralisation directe de ses résidus. L'offre en azote minéral du système est alors plus importante et surtout plus régulière tout au long du cycle pluvial. En revanche, cette dernière doit être utilisée au fur et à mesure par un couvert végétal pour éviter une lixiviation trop importante des nitrates sous climat humide. Une

fois encore, la présence d'une plante de couverture durant et en complément du cycle de la plante commerciale est primordiale pour assurer une bonne efficacité d'utilisation de l'azote.

### CONCLUSION

Les systèmes en AC sont donc particulièrement efficaces dans le contexte des Cerrados ce qui explique leur large utilisation en culture mécanisée et intensive. Cette efficacité repose sur un contrôle quasi-total des processus de dégradation de la fertilité du sol, sur de hauts niveaux de restitution organiques et sur l'incorporation systématique de plantes de couverture améliorant un certain nombre de fonctions agro-écologiques du système. Toutefois leur acceptation par les grands producteurs s'ac-

compagne également de l'utilisation systématique d'herbicides totaux et spécifiques, parfois associés à des cultures transgéniques. De tels schémas ne sont pas forcément transposables facilement aux petits producteurs des mêmes régions ou d'autres régions tropicales qui ont plus de mal à avoir accès aussi systématiquement à des intrants chimiques externes, à maintenir de tels niveaux de productivité et qui utilisent plus systématiquement la biomasse non récoltée pour l'alimentation de leurs animaux. Pour ce genre de producteurs, des processus spécifiques de mise au point et d'adaptation participative des systèmes en AC sont alors nécessaires. ■

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





**Quentin Delachapelle,**  
Agriculteur, Vice-Président de  
la FNCIVAM

## Quentin Delachapelle

Agriculteur, Vice-Président de la FNCIVAM

### Mise en place de systèmes de culture innovants

**J**e suis installé, depuis 2008, sur la ferme familiale en polyculture de 160 ha située en limite Est du Bassin Parisien, plus particulièrement de la Marne, avec un tiers du parcellaire en Champagne crayeuse et le reste en zone intermédiaire. Ce territoire a été particulièrement marqué par la modernisation de l'Après-guerre avec le développement d'agroindustries de transformation, en particulier de productions végétales (luzerne deshydratée, orge de brasserie, betterave sucrière, légumes de plein champ, chanvre industriel...), offrant des débouchés potentiels aux agriculteurs locaux. Ces débouchés n'empêchent cependant pas la tendance générale à la simplification des assolements autour des cultures traditionnelles les mieux maîtrisées (céréales, colza, betteraves) et offrant le moins de risques tant sur le rendement que sur le prix. Cette simplification rejoint également l'objectif de rationalisation du travail dans un contexte d'augmentation constante de la SAU par actif.

L'exploitation était déjà relativement diversifiée, avec 7 cultures différentes (luzerne, betterave, maïs, blé, orges printemps/hiver, colza), mais cette diversité ne se traduisait pas réellement dans la rotation avec des parcelles ne recevant que de 2

à 5 cultures différentes. Ce système d'exploitation a révélé ses limites dès la première année avec des pressions d'adventices importantes dans des parcelles ayant une fréquence importante du maïs dans la rotation (plus de 2 années sur 3) et l'apparition de vulpins résistants à certains herbicides dans des parcelles conduites depuis plus de 10 ans uniquement en cultures d'hiver (blé/orge d'hiver/colza).

Avec la volonté de diminuer ma dépendance aux intrants, et de résoudre les impasses constatées lors de mon installation, j'ai fait le choix de répartir différemment les cultures afin d'élargir le nombre de parcelles susceptibles de recevoir chacune d'elles et d'introduire de nouvelles cultures (chanvre et protéagineux) me permettant d'allonger la rotation tout en diminuant ma consommation de pesticides et d'engrais. Ce choix a été conforté par une série d'aléas climatiques et économiques les années suivantes. Il a également impliqué de modifier la succession classique des cultures afin d'optimiser les "services rendus" par cette rotation. La gestion du travail du sol, les dates de semis, les familles végétales qui se succèdent sont désormais autant de paramètres qui entrent en compte pour construire la rotation adaptée à chaque parcelle en fonction des

adventices présentes et des risques de ravageurs et pathogènes potentiels. Les protéagineux sont traditionnellement suivis d'un blé précédent ici un colza d'hiver afin de valoriser au mieux l'azote fixée par la légumineuse durant la période hivernale contrairement à la céréale dont le besoin en azote se situe principalement au printemps, permettant ainsi de diminuer en moyenne de 20% la dose d'azote minéral apportée. Une taille du parcellaire modérée (8 à 10ha maximum recevant une même succession culturale) et le maintien d'infrastructures agroécologiques pérennes (haies, bandes enherbées..) favorisent aussi la régulation naturelle des ravageurs et pathogènes.

Le système actuel comporte donc de 9 à 10 cultures avec 6 à 7 cultures différentes par rotation et, en complément, des engrais verts en mélanges sur chaque interculture longue. Les protéagineux sont ainsi choisis en fonction du type de sol, les féveroles de printemps pour les limons et les pois de printemps pour les sols les plus calcaires. Une culture pérenne a également été mise en place sur 5ha car répondant à une demande de combustible locale. Cette stratégie répond à plusieurs objectifs:

- diminuer la consommation d'azote minéral par l'introduction de légumineuses et de cultures économes (-28% par rapport au système initial),
- améliorer la disponibilité des éléments minéraux du sol par une diversité de systèmes racinaires permettant d'explorer au maximum les réserves du sol,
- étaler les périodes de travaux (semis, récolte),
- diminuer le développement de pathogènes et adventices, et atteinte

de l'objectif Ecophyto de réduction de 50% de l'IFT par rapport à la référence régionale,

- améliorer la résilience face aux aléas climatiques et économiques.

L'amélioration de la résilience est fondamentale face aux fluctuations des prix de vente, mais également du coût et de la disponibilité des intrants face à la demande mondiale, et avec des aléas climatiques qui sont bien réels sur le terrain. Certaines exploitations de mon territoire ont notamment vu 80% de leurs cultures d'hiver détruites lors du gel printanier de 2012. La diversification de l'assolement constitue ainsi une forme d'"assurance récolte" naturelle, d'autant plus lorsqu'elle est associée à une stratégie de réduction d'intrants permettant de concilier diminution de la pression environnementale et efficacité économique. Le coût des intrants de l'exploitation est situé entre 30 et 35% du total des productions nettes suivant les années contre plus de 50% pour les exploitations céréalières françaises, d'après le Recensement agricole, avec une valeur ajoutée comparable.

Les principales difficultés rencontrées ne sont pas forcément la question des débouchés puisque l'offre de valorisation est relativement diversifiée et peine souvent, dans le cas des productions intéressantes pour l'économie d'intrants, à trouver des producteurs (ex: luzerne et chanvre). Le problème est donc principalement dans l'équipement en matériel spécifique qui peut être nécessaire pour ces cultures lorsque l'on est le seul producteur dans un rayon permettant une gestion de chantiers en commun. Si les pics de travaux sont en

théorie mieux répartis, la diversité des productions peut en pratique engendrer des périodes de chevauchement (récolte de certaines cultures pendant le semis d'autres) ainsi qu'une certaine complexité dans la définition et l'adaptation régulière de la rotation à chaque parcelle pour atteindre l'objectif de diminution d'intrants. Cela implique donc une certaine réactivité avec les moyens humains qui vont avec. L'objectif de l'exploitation est ainsi de maintenir, au minimum, 2 emplois sans agrandissement.

Les références techniques et économiques sur les modalités de mise en oeuvre d'une rotation diversifiée dans une perspective de réduction d'intrants sont également difficilement accessibles au niveau local et impliquent, pour l'agriculteur qui fait ce choix, de construire ses propres références. Le fait de s'inscrire dans une dynamique collective afin de confronter ses résultats et expériences à ceux d'autres collègues, tel que l'expérimentation Grandes cultures économes du réseau des Centres d'initiatives pour valoriser l'agriculture et le milieu rural dans mon cas, et mobiliser les ressources nécessaires est donc essentiel pour éviter les échecs et construire un système performant. Force est de constater, après quelques années de mise en pratique et de comparaison avec les systèmes locaux classiques, que cette stratégie semble bien adaptée aux objectifs poursuivis. ■

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



**Jean-Marc Meynard,**  
Membre correspondant de  
l'Académie d'agriculture  
Directeur de recherche à  
l'INRA.



**Marie-Hélène Jeuffroy,**  
Membre correspondant de  
l'Académie d'agriculture  
Directeur de recherche à  
l'INRA.

## Jean-Marc Meynard et Marie-Hélène Jeuffroy

Directeurs de recherche à l'INRA

### Conclusion : les chemins de la diversification des cultures

Les articles de ce numéro de la Revue de l'Académie d'Agriculture, et les séances dont ils se sont inspirés, nous ont brossé le tableau d'une agriculture française de plus en plus spécialisée, dominée par des systèmes de culture intensifs en intrants, et peu économes en ressources. Les rotations courtes, comme la recherche de la productivité ont conféré aux pesticides un rôle de clé de voûte de ces systèmes de culture dominants.

Ce rôle clé joué par les pesticides a été historiquement renforcé par le système de conseil et les priorités de la sélection. Ainsi, le conseil technique est, encore aujourd'hui, majoritairement attaché à la vente d'intrants. Il privilégie les solutions simples (1 problème, 1 solution) plutôt que les méthodes agronomiques préventives, plus complexes à mettre en œuvre et d'efficacité moins directe. Les résistances variétales sont trop souvent considérées comme des compléments aux pesticides, et non comme des moyens de lutte privilégiés ; le marché des variétés multi-résistantes reste limité, ce qui n'incite pas à privilégier ce créneau de sélection ; et étant donné le rôle secondaire des résistances variétales, il n'y a pas de coordination des choix variétaux en vue d'une gestion spatiale des résis-

tances : les événements réguliers de contournement des résistances qui en résultent tendent à décrédibiliser cette solution ! De même, la spécialisation des assolements est renforcée par les dynamiques de filières et par la concentration des efforts de sélection sur un petit nombre d'espèces. Ces systèmes spécialisés et intensifs en intrants apparaissent ainsi comme totalement cohérents avec l'organisation des filières amont et aval, et avec les systèmes de diffusion d'informations. La stratégie de chaque acteur renforce la stratégie des autres. Personne n'a vraiment intérêt à changer de stratégie, tant que les autres n'en changent pas. On est dans un cas typique de ce que les chercheurs en sociologie et en économie de l'innovation appellent « verrouillage technologique » ou *lock-in*. Ce système socio-technique très cohérent est le résultat de la remarquable réponse du monde agricole à l'injonction d'augmentation de la production de céréales après guerre, et d'accroissement de la compétitivité internationale. Cette cohérence se heurte clairement à une prise en compte des nouvelles attentes relatives à l'environnement : on ne fera évoluer les modes de production ni par des « Yaka », ni par un simple effort d'information : il faudra agir simultanément, en profondeur, en plusieurs endroits



du système pour le déverrouiller.

Il existe d'ores et déjà, comme le montrent les articles précédents, une grande quantité de solutions techniques mobilisables pour faire évoluer les systèmes de culture, et limiter leur consommation de ressources et leurs impacts écologiques négatifs. Mais, si les principes généraux sont connus et les démonstrations d'efficacité indéniables, les conditions d'usage de chaque solution et les conditions d'atteinte des performances visées restent souvent mal cernées.

Différentes méthodes ont été développées pour concevoir des systèmes de culture répondant à des cadres d'objectifs et contraintes variés, en s'appuyant sur la mobilisation conjointe de chercheurs et d'acteurs de terrain, au plus près des réalités régionales.

Cependant, réinventer les systèmes de culture ne suffira pas. Le « déverrouillage » du système sociotechnique dominant, organisé autour de la spécialisation, de la simplification des rotations et des pesticides suppose que les pouvoirs publics agissent simultanément à d'autres niveaux. C'est l'ambition de la Loi d'avenir pour l'agriculture qui vient d'être votée par le Parlement. Tout chemin vers la diversification passe nécessairement par la mobilisation simultanée et organisée de nombreux acteurs. Pour qu'une nouvelle culture, se développe, il est essentiel de favoriser la construction et la consolidation d'une filière dédiée. L'analyse de différentes filières de diversification, présentée à l'Académie le 2 avril, a montré l'importance de fonder la différenciation des produits issus des cultures de diversification sur des qualités reconnues par le marché (qualités nutritionnelle, tech-



nologique, environnementale...), permettant de créer un supplément de valeur ajoutée susceptible de soutenir la production. Ainsi, les pouvoirs publics pourraient renforcer le dispositif des mentions valorisantes pour aider les produits issus des cultures de diversification à mieux se positionner auprès du consommateur. Une politique de soutien à la diversification devrait surtout inciter à la mise en place de dynamiques de coordination entre les acteurs de la filière et celle de partenariats de longue durée entre acteurs des filières, de la recherche, du conseil, de la sélection et des collectivités locales, afin de construire, au niveau local, des filières de diversification, dans l'esprit des pôles de compétitivité. La coordination de la filière par des contrats pluriannuels, assure plus de lisibilité et de cohésion des choix productifs de l'amont jusqu'à l'aval et facilite la transmission de la valeur ajoutée et des connaissances entre les acteurs.

Comme le soulignait Philippe Lacombe en conclusion de la séance

du 2 avril 2014 à l'Académie d'agriculture, « Cette recherche sur la diversification des systèmes de culture vient opportunément éclairer une interrogation à la fois conjoncturelle et structurelle : Conjoncturelle, parce que le « comment produire ? » est aujourd'hui intensément vécu, structurelle parce que, concernant l'organisation du système productif, elle conditionne la place et la physionomie de l'agriculture et des agriculteurs. L'insistance (convaincante) mise sur la coordination entre les acteurs invite à travailler, dans l'avenir, sur la nature, la genèse, le développement des formes, souvent hybrides, de coordination qui, impliquant de multiples acteurs, combinent concurrence et coopération. L'agronomie, loin d'être entermée, retrouve une actualité scientifique et politique. C'est l'intérêt de ces séances sur les systèmes de culture d'en avoir affiné et actualisé les contributions ». ■

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



Jean-Louis Bernard,  
Membre de l'Académie  
d'agriculture  
Secrétaire de la section  
(agrofournitures)

## Jean-Louis Bernard

Membre de L'Académie d'agriculture

### Science et Protection intégrée des plantes cultivées

**Protéger les plantes cultivées afin de minimiser les effets néfastes de leurs compétiteurs naturels est un exercice obligatoire, quel que soit le système de production adopté. Cela se vérifie à la fois dans le modèle vivrier primitif (emploi du feu, arrachage des herbes indésirables, collecte manuelle des larves...) et pour les systèmes plus ou moins intensifs des pays dont l'agriculture développée vise une production plus régulière.**

Venant en sus des facteurs limitants que sont la nature et la fertilité du sol, l'eau, le climat... les êtres vivants compétiteurs sont nombreux, extrêmement variés et jouent souvent un rôle crucial pour la réussite des cultures. On trouve parmi eux des plantes **adventices** (« mauvaises herbes »), des **parasites** (champignons, bactéries, phytoplasmes, virus) et des organismes regroupés sous le vocable de **ravageurs** (insectes, acariens, nématodes, mollusques, rongeurs, oiseaux...). Adventices, parasites et ravageurs sont parfois regroupés sous le terme de « bioagresseurs » ou de « pestes » dont on précise alors la nature et la cible biologique.

Sans protection, on estime<sup>1</sup> que les pertes de production au niveau mondial seraient de l'ordre de 82% pour le riz, 73% pour la pomme de terre, 70% pour le café, 60% pour le maïs,

52% pour le blé... Les aspects qualitatifs sont aussi à considérer. Les pommes attaquées par la chenille du carpocapse tombent de l'arbre ou pourrissent avec rapidité et seront invendables. Les lots de grains parasités par des fusarioses contiennent des taux de mycotoxines élevés qui rendent les farines dangereuses pour le consommateur. La farine de blé contaminé par la carie possède un mauvais goût et devient non panifiable...

#### PROTECTION DES CULTURES : BOÎTE À OUTILS

Hormis le cas du modèle vivrier primitif où les possibilités d'intervention sont limitées, la protec-

1 - Voir OERKE E.C., DEHNE H.W., SHÖNBECK F., WEBER A., 1994. *Crop production and crop protection. Estimated losses in major food and cash crops.* Elsevier, 808 p ; NEVEU A., *Nourrir le monde en 2050.*



Parmi les moyens de combattre les bioagresseurs, des procédés chimiques de défense sont utilisés.

tion des cultures s'articule autour d'un **ensemble de mesures et de moyens** que le producteur choisit ou non de mettre en œuvre.

En dehors de la période végétative des cultures pérennes ou avant la mise en place d'une culture (semis, plantation), il dispose d'un certain nombre de **mesures indirectes de protection** qui peuvent concourir à réduire l'impact des bioagresseurs en cours de culture. Ces mesures sont strictement préventives et n'ont de valeur qu'appliquées avant que la pullulation des nuisibles ne soit enclenchée ou avant que des dégâts préjudiciables ne se soient produits. Elles comprennent :

- des mesures appliquées à *l'espèce cultivée* ou à sa conduite pour favoriser son auto-défense : rotations plus ou moins longues et diversifiées, variétés résistantes ou tolérantes, semences ou plants sains, dates de semis...

- des mesures appliquées à *l'environnement de la plante cultivée* pour accroître sa compétitivité vis-à-vis des bioagresseurs ou rendre son infection plus difficile : travail du sol, drainage, nature et importance des fumures, conduite des irrigations...

- des mesures appliquées à *l'organisme à combattre en dehors de sa période de nuisibilité* afin d'en diminuer le potentiel néfaste : élimination des abris, des plantes relais, des foyers primaires, destruction des reliquats de récolte...

Ces mesures ne sont pas toujours suffisantes pour empêcher les dommages des bioagresseurs lorsque le contexte agro-climatique leur est favorable. En revanche, elles sont de nature à retarder l'apparition des infestations et en minimisent la virulence.

Durant la période de végétation, lorsque le développement d'un

bioagresseur menace la culture, l'agriculteur dispose d'une palette de moyens directs capables de l'éloigner ou de le combattre directement. Ces moyens comprennent :

- des *procédés physiques* de défense : effeuillage, capture, effarouchement, filets de protection, destruction par le travail manuel ou mécanique...

- des *procédés biologiques* de défense : lâchers d'auxiliaires spécifiques, traitements à l'aide de bactéries ou de champignons antagonistes...

- des *procédés chimiques* de défense visant précisément l'organisme combattu *en période de nuisibilité* : fongicides, insecticides, herbicides, confusion sexuelle, répulsifs...

C'est la **combinaison cohérente et judicieuse** de mesures indirectes bien choisies et de moyens de lutte directe appropriés que l'on considère aujourd'hui comme la meilleure voie capable d'assurer une protec-

tion efficace à moyen et long terme contribuant à la durabilité des systèmes de production. Cette vision a donné naissance au concept de *protection intégrée* et aux méthodes qui en découlent, adoptées au fil des années par un nombre croissant d'agriculteurs.

Pendant longtemps la protection des cultures a été peu efficace, le plus souvent par manque de connaissances sur la biologie des espèces et des interactions naturelles qui régissent leur évolution. Au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, la chimie de synthèse a permis de disposer de substances capables de détruire des adventices, des ravageurs ou des agents pathogènes. Cette possibilité nouvelle s'est traduite par une réduction dans la fréquence d'emploi des mesures indirectes de protection. De même, certains moyens directs d'intervention traditionnels ont été abandonnés au profit de substances chimiques : cas du hannetonage, des façons manuelles ou mécaniques de désherbage des céréales à paille... Dans la période 1950-1990, le recours privilégié à la lutte chimique a cependant montré des effets non intentionnels dommageables tels que contaminations de l'environnement, impacts sur des espèces non cibles, apparition de résistances... qui, en retour, ont amené à réfléchir à d'autres modes de protection.

Dans un objectif largement partagé qui consiste à développer des mesures indirectes plus efficaces et des moyens directs performants, durables et respectueux du milieu naturel (eau, sol, air, biodiversité), on peut s'interroger sur les avancées scientifiques récentes qui favorisent un développement plus rapide de la protection intégrée.

## QUELQUES DOMAINES EN MOUVEMENT

Nous nous limiterons ici à la description très rapide de quelques-uns des fruits résultant du progrès scientifique dans huit domaines dans lesquels des avancées récentes apparaissent de nature à favoriser un développement plus rapide de la protection intégrée. Plus quelques autres pour lesquels davantage de science serait bien utile...

### 1°) La connaissance des bioagresseurs

Avant le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, il n'était pas rare que certains problèmes de croissance végétale soient faussement attribués au milieu (ex : qualité du sol) ou à des êtres vivants non concernés (ex : vers de terre). Depuis lors, l'expansion des techniques de microscopie, d'élevage, les contaminations artificielles, etc., ont beaucoup aidé à identifier les bioagresseurs responsables, à clarifier leur cycle biologique, autorisant la mise au point de méthodes de lutte rationnelles. Cette connaissance demeure un pivot essentiel pour le pilotage des stratégies de défense. Quelques exemples.

Appliquées à des parasites très anciennement connus comme la pourriture des grappes ou le piétinverse des céréales, les nouvelles techniques de la **mycologie** conduisent souvent à séparer différents cryptogames rassemblés auparavant sous un seul et même nom, réorientant en conséquence des pans entiers du système de protection antérieur. Ces techniques sont déjà sollicitées pour découvrir des solutions capables de préserver les vignobles d'affections complexes comme l'esca.

En pointant au cas par cas le com-

portement des ravageurs, l'**entomologie classique** a dégagé des pistes fondamentales pour les stratégies de lutte. Ainsi, depuis dix ans, on a proposé des mesures concrètes qui ont retardé la rapidité de dispersion<sup>2</sup> de la chrysome du maïs (*Diabrotica virgifera*) qui, introduite sur le territoire national en 2002, est appelée à devenir un des plus importants ravageurs de la culture. Retarder l'avancée de tels nuisibles, c'est plus de temps offert à la recherche appliquée pour mettre au point des variétés résistantes, développer de nouvelles méthodes de lutte et identifier des auxiliaires potentiellement utilisables pour un contrôle naturel. Dans les serres par exemple, le redoutable aleurode introduit *Trialeurodes vaporariorum* qui se révélait vers 1975 peu contrôlable dans la durée au moyen d'insecticides est aujourd'hui prioritairement combattu au moyen de microhyménoptères comme *Encarsia formosa*.

Des avancées scientifiques sur la **vision des insectes** ont conduit à la mise au point des pièges chromatiques adaptés à des groupes de ravageurs définis. En quelques années, des pièges englués, jaunes pour les diptères, bleus pour les thrips... ont été adoptés par les seristes puis par nombre de particuliers pour protéger des plantes d'intérieur.

C'est aux travaux sur la physiologie des lépidoptères et les **mécanismes biochimiques** qui président aux

---

2 - DELOS M., HUGUET B., 2011. Note sur l'évolution du contexte de lutte contre *Diabrotica virgifera* en France et en Europe. *Phytoma-LDV*, n°647. Académie d'agriculture de France

3 - RCI = régulateurs de croissance d'insectes.

phénomènes de mue que l'on doit les insecticides de type RCI<sup>3</sup>. Ces substances qui perturbent l'action des hormones de mue ne tuent pas directement leur cible mais bloquent la croissance des larves à un stade particulier, ce qui élimine le ravageur tout en influençant beaucoup moins la faune auxiliaire que ne le ferait un insecticide classique.

Essentielle pour développer la protection intégrée, la connaissance des bioagresseurs bénéficie du relai efficace des organismes de recherche appliquée capables de la diffuser vers les conseillers chargés d'en favoriser l'adoption par les agriculteurs.

## 2°) Les progrès de la physiologie végétale

La manière dont une plante croît et se développe, les mécanismes qui conditionnent sa résistance, les agents biochimiques qu'elle met en œuvre en réponse aux agressions du milieu extérieur... sont autant de thèmes de progrès pour la santé des cultures.

Les recherches déjà anciennes sur les **cultures de tissus *in vitro***, le **clonage végétal** et les méthodes de **micro propagation** ont eu d'immenses répercussions sur les productions de pomme de terre, de fraiser et bien d'autres encore qui leur sont très largement redevables. Dans les années 1960, les recherches fondamentales sur la dynamique de répartition des virus à l'intérieur des végétaux ont conduit à mettre au point des méthodes de **thermothérapie** qui, appliquées par exemple aux fruitiers ligneux, ont permis de débarrasser nombre de nouveaux vergers de maladies très pénalisantes auparavant transmises avec régularité par le greffage ou le bouturage.



Un des domaines les plus prometteurs de la physiologie végétale en relation avec les bioagresseurs est sans doute celui des **substances élicitrices**, communément appelées « SDN »<sup>4</sup>. On appelle éliciteur ou substance élicitrice une molécule qui déclenche chez la plante qui reçoit des mécanismes de défense caractérisés par la biosynthèse de substances spécifiques. A ce jour, il n'existe sur le marché qu'un petit nombre de composés de ce type. Les plus connus sont des phosphonates comme le fosétyl-AI, très utilisé contre les mildious et généralement assimilé à un fongicide. D'autres, aux usages encore limités, sont issus de synthèse comme l'acibenzolar-S-méthyl ou proviennent de végétaux comme l'extrait de fenugrec ou la laminarine obtenue à partir d'algues. Le nombre des candidats est beaucoup plus étendu et d'autres éliciteurs sont appelés à prendre place dans les stratégies de protection à venir.

## 3°) L'utilisation des éléments biologiques qui régissent les équilibres naturels

Les interactions permanentes qui

existent entre espèces vivantes dans le milieu naturel, y compris dans les milieux anthropisés, sont à l'origine de solutions intéressantes pour la protection des végétaux.

Une des grandes avancées des vingt dernières années est la prise en compte croissante des **aménagement paysagers**, non seulement pour sauvegarder la biodiversité, mais aussi pour favoriser l'abondance d'auxiliaires généralistes ou spécialisés, directement utiles à la protection des cultures. Bien que des travaux existent pour la vigne, les légumes et les grandes cultures, c'est en arboriculture fruitière que des applications concrètes ont d'abord vu le jour. Lancée au début des années 1970, cette recherche a dégagé des solutions<sup>5</sup> appliquées au champ dès la

4 - SDN = Stimulateur des défenses naturelles. Voir aussi l'article « La protection phytosanitaire des cultures » de Charles Descoins.

5 - BAUDRY O., BOURGERY C., GUYOT G., RIEUX R. (2000). Les haies composites réservoirs d'auxiliaires. Editions du Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, 116 p.



Les stratégies de lutte ont permis de lutter contre la chrysomèle du maïs.

décennie suivante. Ainsi, l'existence sur des végétaux non cultivés précis (ex : arbre de Judée) d'un cortège de ravageurs spécifiques hébergeant des auxiliaires polyvalents utiles aux cultures voisines (cas des punaises anthocorides prédatrices du psylle du poirier)<sup>6</sup> a convaincu nombre d'arboriculteurs qui entourent leurs parcelles de haies composites optimisées afin de fournir de fortes populations d'auxiliaires directement utiles à l'espèce cultivée. Elles seront les premières à intervenir durant la saison contre des ravageurs particuliers<sup>7</sup>. De tels dispositifs font actuellement l'objet d'études intensives en horticulture d'ornement, en grandes cultures et sur légumes de plein champ<sup>8</sup> pour attirer les auxiliaires souhaités au plus près des productions. De bons résultats ont été obtenus au moyen de bandes fleuries destinées à attirer

des syrphes dont les larves exercent une pression forte et prolongée sur les pucerons des cultures voisines. La recherche poursuit la **prospection entomologique** afin d'identifier les auxiliaires capables de répondre aux introductions calamiteuses de ravageurs nouveaux. L'exemple récent des lâchers du microhyménoptère parasitoïde *Neodryinus typhlocybae* pour contrer l'invasion de la cicadelle pruineuse *Metcalfa pruinosa* dans le sud de la France est un bon exemple de réussite. Une des retombées pratiques de ces travaux systématiques est la mise à disposition des agriculteurs d'un nombre croissant d'arthropodes auxiliaires grâce au développement de sociétés privées faisant appel à des techniques **d'élevage industriel** mais surtout, à une logistique élaborée permettant la délivrance rapide d'organismes

vivants en bon état, capables de remplir leur rôle à des centaines de kilomètres de leur lieu de naissance et de conditionnement. La combinaison des lâchers avec un emploi judicieux

---

6 - DEBRAS J.-F. (2007). *Rôles fonctionnels des haies dans la régulation des ravageurs : le cas du psylle *Cacopsylla pyri* L. dans les vergers du sud-est de la France* - Thèse de doctorat - Université d'Avignon.

7 - DEBRAS J.-F., DUSSAUD A., RIEUX R., DUTOIT, T. (2007). *Recherche prospective sur le rôle « source » des haies en production fruitière intégrée. Le cas des perce-oreilles : *Forficula auricularia* L. = *Forficula pubescens* Gené.* *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 330 (9) : 664-673.

8 - COLIGNON P., HASTIR P., GASPARD C., FRANCIS F. (2002). *Effets de l'environnement proche sur la biodiversité entomologique en carottes de plein champ.* *AFPP, 2ème Conf. Inter. sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux.*

d'insecticides spécifiques est devenue la règle pour de très nombreuses productions légumières sous abri, loin de l'image de culture intensive cadencée par la chimie que véhiculent certains médias.

L'étude des relations interspécifiques dans le milieu naturel conduit enfin à sélectionner un nombre grandissant **d'agents vivants utilisables pour une lutte directe** contre les ravageurs et les parasites. Bien sûr, le célèbre *Bacillus thuringiensis* capable de tuer les larves de lépidoptères est connu depuis plus d'un siècle, mais ce n'est que récemment que des souches particulières de cette bactérie, spécifiquement actives sur des coléoptères ou des diptères, ont été commercialisées en remplacement ou en complément d'insecticides chimiques. Des insecticides biologiques entièrement nouveaux font aussi l'objet d'utilisations de routine ; comme le virus de la granulose pulvérisé dans les vergers de pommiers et de poiriers contre le carpocapse, les préparations à base de nématodes entomopathogènes *Steinernema carpocapsae* ou *S.feltiae*, le champignon *Beauveria bassiana* utilisé contre les nouveaux ravageurs des palmiers. Fâche à certaines maladies de grande importance économique, l'agriculture dispose même, depuis quelques années, de préparations à base de bactéries ou de champignons antagonistes... à l'exemple de *Bacillus subtilis*, une bactérie active sur *Botrytis cinerea* en viticulture ou de *Coniothyrium minitans*, champignon parasite des sclérotites de *Sclerotinia* sp., utilisable sur colza et salades.

#### 4°) Les ressources nouvelles de la chimie de synthèse

Depuis le milieu des années 1970, la chimie organique de synthèse s'est

orientée vers la sélection de substances phytopharmaceutiques non bioaccumulables, de plus en plus facilement biodégradables, dotés d'une meilleure innocuité pour l'homme et les organismes vivants non-cibles. Elle a été puissamment aidée en cela par différentes avancées de la Science.

D'une part, l'approfondissement de la connaissance de notre environnement a permis de repérer dans la Nature des **mécanismes biochimiques exploitables pour la santé des cultures**. Ainsi, les fongicides du groupe chimique des strobilurines sont dérivés de molécules synthétisées par des champignons vivant sur les litières forestières comme *Strobilurium tenacellus* et *Oudemansiella* sp. L'herbicide mésotrione, sélectif du maïs, est né de l'étude de la leptospermane, une substance fabriquée par le feuillage de l'arbuste *Calistemon citrinus* et dotée *in natura* de propriétés herbicides, etc.

D'autre part, les **processus de synthèse** ont bénéficié du progrès des mathématiques, de l'informatique et de la robotique. La création et le choix des molécules ne peuvent plus guère se passer des méthodes de conception assistée par ordinateur, des bases de données moléculaires et des outils de modélisation. Grâce à leur utilisation combinée, le chercheur est à même de dégager plus rapidement les relations qui existent entre structure chimique et propriétés biologiques. De tels outils permettent de raccourcir les délais de création, de rendre plus solides les brevets industriels et de maîtriser des coûts de synthèse auparavant explosifs.

Enfin, les sciences humaines et celles qui se préoccupent de l'organisation du travail apportent une contribu-

tion grandissante à la conception et à la gestion d'équipes pluridisciplinaires regroupant des centaines de chimistes, de physiciens, de mécaniciens, de biologistes, d'agronomes, d'informaticiens, etc... tous engagés de manière simultanée dans un processus d'innovation lourd et complexe où les erreurs peuvent conditionner la vie de toute l'entreprise.

#### 5°) Météorologie et protection des cultures

Depuis des siècles, on sait que le climat conditionne la levée plus ou moins rapide des adventices, l'expression plus ou moins dommageable des maladies et des ravageurs. Avec l'apparition de la bouillie bordelaise (1885), on a mesuré les conditions pratiques des pertes d'efficacité du fongicide consécutives au lessivage du feuillage par la pluie. Les premières Stations d'avertissements agricoles ont vu le jour en France dès 1898 pour suivre l'évolution des parasites en regard de la météorologie afin de préciser la date des traitements.

Au cours des trente dernières années, **la prise en compte des paramètres climatiques** s'est amplifiée avec la pénétration de l'informatique dans les campagnes. Le temps où l'existence d'un pluviomètre dans la cour de ferme était un indicateur de modernité paraît déjà bien lointain... Aujourd'hui, la qualité de prévision du temps à l'échelle locale et la facilité d'accès à cette information sont telles que bien peu d'agriculteurs arrivent à s'en passer. Au-delà de la sécurité offerte pour organiser les chantiers de protection des cultures, ces nouveaux moyens ont vu leur intérêt amplifié par leur couplage avec des **outils de modélisation** pilotés depuis la ferme. Pour de grands fléaux cryp-

togamiques comme la septoriose du blé d'hiver, le mildiou de la vigne ou de la pomme de terre, la **prévision des risques** est maintenant tout-à-fait accessible au niveau d'un agriculteur considéré individuellement. Cela représente une opportunité extraordinaire pour optimiser la conduite des cultures, gérer les charges variables de l'exploitation et accéder plus facilement aux systèmes de protection intégrée.

L'accès en continu aux données de **l'hygrométrie** et des **températures** influence dorénavant beaucoup la réalisation des traitements au moyen d'herbicides foliaires. Pour optimiser l'efficacité des spécialités, affiner les doses d'emploi, décider de l'emploi éventuel d'adjuvants, l'agriculteur s'efforce de cibler pour intervenir les périodes de la journée où l'hygrométrie de l'air est égale ou supérieure à 50%, où les températures sont en adéquation avec une pénétration foliaire maximum des herbicides. Il cherche également à éviter les conditions atmosphériques extrêmes (hygrométrie très faible, température trop basse ou trop élevée, grandes amplitudes thermiques jour-nuit) afin d'obtenir une efficacité maximum sans risquer un manque de sélectivité vis-à-vis de la culture.

Une étape importante est en cours d'acquisition : l'autonomie croissante des décideurs de terrain grâce aux nouveaux moyens de la **téléphonie mobile** et de **l'électronique embarquée** qui permet la prise en compte des paramètres météorologiques depuis la cabine des tracteurs. Un exemple simpliste : l'anémomètre. Perçu en agriculture comme un gadget voici dix ans, il équipe maintenant la plupart des tracteurs modernes et permet, entre autres, de maîtriser la

dérive lors des applications phytosanitaires depuis le poste de pilotage.

### 6°) Les multiples facettes du machinisme

Depuis de grands ancêtres comme le semoir de Tull (vers 1701) ou la charrue sans avant-train de Mathieu de Dombasle (vers 1830), le machinisme et ses nombreux outils n'ont cessé d'évoluer.

En premier chef, les **nouveaux outils de labour** et ceux permettant de s'affranchir de tout travail profond. Ce choix fondamental en matière d'économie et d'environnement influence la fertilité des sols, l'aptitude des terres à la durabilité, oriente les rotations, la réalisation des semis, la gestion de l'interculture... opérations qui, en raison de leur influence sur les bioagresseurs, conditionnent la mise en œuvre de la protection intégrée. La conception du semis, la stratégie de désherbage, la **nature des semoirs** et leur mode d'utilisation (travail simplifié, semis direct), et les équipements nécessaires à la protection précoce des cultures découlent directement de l'option « travail du sol » choisie par l'exploitant. L'utilisation de traitements de semences performants dans les semoirs modernes et la localisation des microgranulés insecticides modernes dans la raie de semis ont réduit le recours aux traitements insecticides précoces en végétation qui étaient auparavant destinés à éliminer les pucerons ou les cicadelles vecteurs de maladies à virus (ex : céréales, colza).

Les restrictions à l'emploi des herbicides ont aussi relancé la conception de machines permettant d'envisager un **sarclage mécanique**. Nouvelles bineuses inter-rang, houes rotatives

ou herse étrille bousculent aujourd'hui les pratiques, influencent la technique du faux semis et toute la gestion du désherbage. On assiste même à la naissance de méthodes<sup>9</sup> de désherbage mixte comme le désherbinage qui combine en post-levée les avantages respectifs du travail du sol et du désherbage chimique. Plus récentes encore sont des méthodes d'ensemencement qui associent espèces gélives à développement rapide et culture à semis de fin d'été comme le colza, bouleversant le désherbage chimique classique.

L'équipement des **pulvérisateurs** se transforme également très vite, intégrant de nouvelles buses à limitation de dérive et les outils GPS qui feront bientôt des traitements sur taches une réalité. En viticulture, les panneaux récupérateurs qui équipent certains pulvérisateurs vigneron augmentent l'efficacité des traitements précoces dirigés contre l'excoriose ou l'oïdium, économisent les fongicides et réduisent la dispersion des substances actives dans l'environnement.

La protection intégrée bénéficie aussi d'outils spécifiques nouveaux permettant de réduire l'importance de l'inoculum cryptogamique ou des formes hivernantes de certains ravageurs ; c'est le cas avec les broyeuses utilisées pour émietter les résidus de cultures céréalières, les ramasseuses de feuilles dans les vergers pour minimiser le risque de tavelure, les extirpateurs de pivots en maïsiculture pour lutter contre les larves hivernantes de pyrale, etc.

---

9 - BIBARD V., NICOLIER S., RENOUX J.-P. (2007). *Les stratégies de désherbage du maïs. Efficacité et coût des techniques alternatives (mécaniques et mixtes) et chimiques, Phytoma/LDV, n°603, avril.*

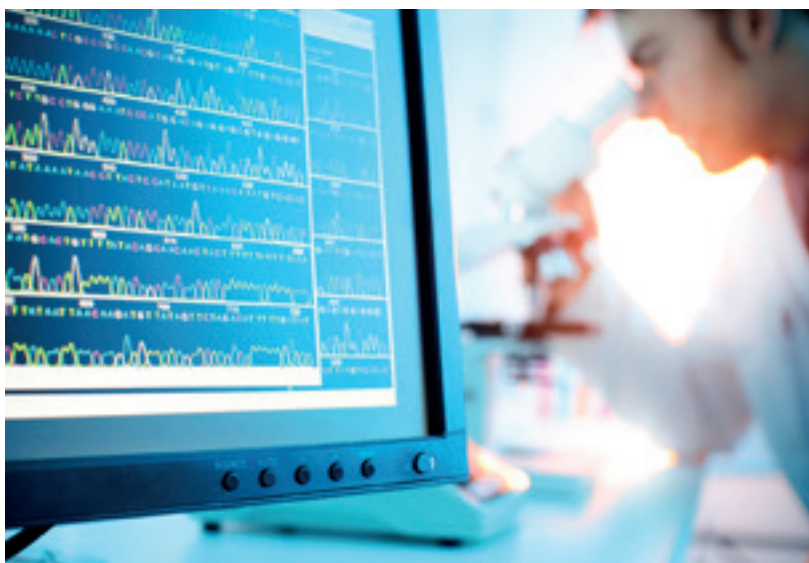


Plus globalement, il apparaît que les outils de l'agriculture de précision, encore à l'état d'ébauches au début du siècle, sont en train de pénétrer en force le quotidien des agriculteurs, favorisant la traçabilité des tâches et fournissant de nombreux moyens qui améliorent la transition vers une production intégrée.

### 7°) Les bénéfices à attendre de la connaissance du génome

Dans bien des domaines, la révolution silencieuse liée à l'exploitation de la connaissance des mécanismes du vivant nourrit des craintes parfois peu rationnelles. En matière de protection des plantes, cette exploitation remonte pourtant aux origines même de l'agriculture. Depuis près de 10 000 ans, la sélection massale des épis sains à grosses graines, des fruitiers les mieux conformés ou les plus agréables au goût est à la base de l'immense palette des variétés végétales cultivées à ce jour. Mais ce n'est qu'à partir du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle que la sélection généalogique et l'hybridation ont dynamisé l'amélioration des végétaux. S'il est vrai que des critères de résistance aux maladies, aux ravageurs, une aptitude à la compétition avec les adventices n'ont pas toujours été systématiquement recherchés, on constate néanmoins que ces travaux ont rendu nos blés modernes beaucoup moins sensibles aux maladies que ne le sont les variétés cultivées un siècle auparavant<sup>10</sup>. Et ce, alors même que les sélectionneurs se montraient capables « *d'une part, d'augmenter la variabilité du blé en ce qui concerne les gènes d'intérêt agronomique et, d'autre part, de maintenir la variabilité neutre à la sélection* »<sup>11</sup>.

La recherche d'une résistance absolue n'est cependant pas toujours sou-



haitable en raison de la propension des bioagresseurs à contourner les gènes de résistance. Les rouilles des céréales ou la tavelure du pommier en fournissent d'excellents exemples. La Science a dû ici faire preuve de pragmatisme. Démarche couronnée de succès comme en témoigne le développement actuel des nouvelles variétés de pommier tolérantes à la tavelure dont la résistance n'est certes pas totale mais qui permettent de réduire assez largement le nombre des traitements qu'exigeaient auparavant les variétés de pommier classiques.

Une opération de regroupement et d'échange des connaissances sur le génome des céréales est aussi en cours ces dernières années au niveau mondial afin de contrer l'expansion de nouvelles races de rouille noire qui, parties d'Ouganda, menacent actuellement la production asiatique et concerneront dans les années à venir les autres greniers à blé de la planète.

Cependant, les progrès de la génétique permettront d'aller beaucoup plus vite et beaucoup plus loin.

D'une part, en améliorant la connaissance des **mécanismes intimes de la résistance des végétaux** cultivés aux bioagresseurs, on autorise plus de pertinence dans les croisements, augmentant le potentiel d'innovation de la création variétale classique. D'autre part, les substances élicitrices évoquées précédemment seront plus facilement exploitables. Enfin, le génie génétique permettra l'introduction dans le génome de variétés d'intérêt agricole de caractères choisis de résistance ou de tolérance aux ennemis des cultures. Cela a commencé avec les maïs Bt, toujours objets de polémiques en France, mais gageons que le thème des plantes transformées est bien loin d'être épuisé.

Par ailleurs, en appliquant les connaissances nouvelles, nous vivons déjà

10 - DOUSSINAULT G. (1995). Cent ans de sélection du blé en France et en Belgique. In « Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? ». Ed. AUPELF-UREF.

11 - DOUSSINAULT G., PAVOINE M.-T., JAUDEAU B., JAHIER J. (2001). Evolution de la variabilité génétique chez le blé, Dossier de l'environnement de l'INRA, n°21, p 91.



Un exemple de piège à insectes. (photo ACTA Nina Rabourdin)

un tournant dans la compréhension des **mécanismes de résistance des bioagresseurs** aux moyens de lutte directe, chimique ou biologique, qui leur sont opposés. Le progrès génétique appliqué à cette connaissance est même devenu essentiel pour piloter la création des produits phytopharmaceutiques. Aujourd'hui, on ne raisonne plus guère les stratégies de lutte selon les « familles chimiques » mais selon les sites d'action des substances actives. Dès la création du dossier de dépôt des AMM, le potentiel innovant et les modalités d'emploi des herbicides, des fongicides ou des insecticides sont ainsi précisés et regroupés au niveau international en suivant les procédures mises au point par les experts réunis au sein du FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), de l'HRAC (Herbicide Resistance ...) ou de l'IRAC (Insecticide Resistance...).

### 8°) Les retombées multiples d'une découverte : les phéromones sexuelles

Un exemple concret de ces retombées scientifiques peut être illustré

avec la protection des vergers contre un ravageur ancien et toujours redouté : le carpocapse des pommes et des poires.

Avant la Seconde Guerre mondiale, outre l'emploi d'insecticides arsenicaux, efficaces mais dangereux pour l'utilisateur, on ne préconisait guère aux arboriculteurs, pour lutter contre ce ravageur, que des moyens de lutte très peu performants (pièges alimentaires ou lumineux, ramassage des fruits véreux tombés à terre) ou d'efficacité médiocre (bandes pièges autour des troncs). Entre 1945 et 1980, les insecticides organophosphorés et carbamates ont pris le relais des arsenicaux, concurrencés par la suite par des pyréthrinoïdes et des régulateurs de croissance d'insectes moins toxiques.

La caractérisation et la synthèse des phéromones sexuelles spécifiques d'une l'espèce, puis leur mise à disposition des techniciens sous forme de microcapsules ont permis, dans un premier temps, de rendre fiable le **piégeage** des adultes mâles, autorisant un suivi précis des vols et le

positionnement optimum des interventions insecticides. Par la suite, une stratégie innovante, la **confusion sexuelle**, a utilisé plus largement ces phéromones. Il ne s'agit plus alors d'attirer spécifiquement des mâles pour prévoir la date des pontes et des éclosions mais de saturer l'atmosphère avec des signaux olfactifs surabondants qui perturbent la rencontre des sexes, diminuant ainsi les chances d'accouplement, donc l'importance des pontes et des dégâts. Au cours des dernières années, les stratégies faisant appel à la confusion sexuelle ont été adoptées par une proportion croissante d'arboriculteurs et de viticulteurs pour lutter contre des ravageurs. Elles continuent à progresser grâce à la mise au point de cocktails qui exercent un effet de confusion de manière simultanée sur plusieurs ravageurs.

Demain, il est possible d'envisager des **stratégies nouvelles** qui par exemple, se passeraient de la pulvérisation des insecticides ou de la diffusion massive des médiateurs chimiques. En plein air, le concept « *attract and kill* » vise à attirer grâce aux phéromones le ravageur vers des pièges contenant un insecticide, permettant ainsi son élimination spécifique. Contre d'autres ravageurs redoutés dans les milieux clos (serres, locaux de stockage...), on imagine combiner l'emploi des auxiliaires avec le piégeage de masse des ravageurs en associant de manière coordonnée lâchers, pièges colorés englués et phéromones spécifiques.

### QUELQUES DOMAINES OÙ D'AVANTAGE DE SCIENCE SERAIT BIEN UTILE...

Dans le cadre du Plan Ecophyto 2018, les mesures indirectes de

protection des cultures, présentées comme alternatives à l'emploi des produits phytosanitaires, font l'objet d'un regain dans le conseil à l'agriculteur. Or, elles sont fort inégalement utilisées et souvent contestées par leurs utilisateurs potentiels. Le principal contre-argument, non sans valeur, est qu'un flou persistant existe en ce qui concerne leur niveau de performance et leur efficacité économique, sachant que leur adoption représente souvent une contrainte, voire un investissement supplémentaire, avec un risque élevé de moindre rendement.

#### Quelques exemples :

- Un nombre conséquent d'agriculteurs est prêt à envisager une **gestion nouvelle de l'interculture** par la couverture permanente des sols au moyen de semis de cultures intermédiaires, démarche unanimement perçue comme allant dans le sens d'une meilleure durabilité. Mais les avantages potentiels d'une telle orientation ne sont que rarement appuyés par des éléments scientifiques solides... d'où un changement lent des pratiques. Quels sont les risques de prolifération de rongeurs ou de limaces ? Comment évolue l'inoculum d'un parasite important donné selon la nature des couverts envisagés ? Quelles sont les espèces à semer pour réduire les nématodes selon le type de rotation ? Quelle évolution du stock semencier ? etc.
- Dans les régions de viticulture septentrionale, la **pratique de l'effeuillage** tardif tend à réduire l'installation de la pourriture grise. En renforcer la mise en œuvre pourrait réduire le nombre de traitements fongicides. Or, c'est une opération manuelle coûteuse ou qui exige d'investir spécifiquement dans une effeuilleuse...

tout en sachant que la technique est très insuffisante en cas de forte pression de maladie. Faute de disposer de données scientifiques pour calibrer les bénéfices d'une telle pratique, son adoption relève donc souvent davantage de l'éthique personnelle de l'exploitant plutôt que de la rationalité économique.

La plupart des mesures indirectes de protection ont en commun d'être des objets d'expérimentation pleins d'aléas. Améliorer la connaissance dans ces domaines nécessite des essais lourds, conduits de façon pluriannuelle avec de nombreuses répétitions pour parvenir à des conclusions rigoureuses. *In fine*, des sujets de publication souvent peu gratifiants pour une carrière de chercheur...

A l'inverse, on connaît des domaines où les données scientifiques qui existent n'ont pas débouché sur des applications pratiques. Depuis leur découverte par Hans Molisch en 1937, les **substances allélopathiques** biosynthétisées par de nombreux végétaux<sup>12</sup> n'ont guère été exploitées en agriculture. Pour reprendre l'exemple de l'interculture évoqué précédemment, il n'existe pas de conseil concret à l'agriculteur lui permettant d'orienter le choix d'un couvert intermédiaire en fonction des adventices qu'il redoute le plus dans ses terres, des bactéries ou des champignons du sol dont il voudrait minimiser l'incidence sur les récoltes à venir. Cet exemple est caractéristique d'une situation où rapprocher Agriculture et Science pourrait être à l'origine de modifications conséquentes des systèmes de production.

Autre exemple : les méthodes de **lutte biologique au moyen d'auxiliaires visant des ravageurs introduits** ont

démonstré à de multiples reprises tout leur intérêt. Or, près d'un siècle après les premiers succès démontrés, on ne peut guère proposer aux agriculteurs qu'une petite poignée de solutions applicables en plein air contre des **ravageurs indigènes**. L'exemple positif des trichogrammes contre la pyrale du maïs est encore bien isolé. Il n'y a encore rien de tel contre l'eudémis ou la cicadelle de la flavescence de la vigne, le carpocapse des pommes ou les pucerons du pêcher.

Enfin, et pour conclure, on doit pointer des domaines où la Science encore faible n'apporte aucun appui véritable à la protection des cultures. Un des meilleurs exemples nous semble être celui de **répulsifs** qui seraient reconnus efficaces sur les rongeurs, mais surtout sur les oiseaux ou les insectes. Depuis l'élimination de l'antraquinone de la pharmacopée européenne, il n'y a plus de répulsif spécifique pour limiter les dégâts de corvidés sur les semis de céréales ou de maïs. Pour les insectes, hormis les effets répulsifs observés avec certains pyrèthrinoides de synthèse, cette propriété n'a jamais été revendiquée à l'AMM d'une substance quelconque, faute de recherche dans ce domaine pourtant plein d'intérêt. ■

---

<sup>12</sup> - On appelle allélopathie tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante (micro-organisme inclus) sur une autre, par le biais de composés biochimiques libérés dans l'environnement (E.L. Rice, 1984. *Allelopathy*, Academic Press. 422 p).

En savoir plus sur  
[www.academie-agriculture.fr](http://www.academie-agriculture.fr)  
Groupe de réflexion "Potentiel de la science pour l'avenir de l'agriculture"



**Andrée Corvol-Dessert,**  
Membre correspondant de  
l'Académie d'agriculture  
Directeur de recherche  
honoraire du CNRS,  
Vice-Présidente de l'Associa-  
tion pour l'étude de l'histoire  
de l'agriculture

## Andrée Corvol-Dessert

Directeur de recherche honoraire du CNRS

### Trente années de regards sur la forêt

Contrairement à ce que laisse croire son intitulé, le Groupe d'histoire des forêts françaises (GHFF) ne relève pas de la seule Histoire, mais de l'ensemble des Sciences de l'homme et de la société ; et il ne rassemble pas que des chercheurs, mais des gestionnaires et des administrateurs. C'est dire la diversité des interrogations, des méthodes et des résultats. Ce caractère pluridisciplinaire qui facilite échanges et discussions, hors de toute hiérarchie et de toute convention, le GHFF le revendique depuis trente ans.

Longévité exceptionnelle pour une association ! Il fallait marquer cela d'une pierre blanche. Cette pierre, c'est l'ouvrage *Regards sur la Forêt*, édité à l'occasion de notre Jubilé. L'ouvrage comporte trois parties. La Forêt menacée, que ce soit par l'homme en quête de champs et de bois, ou par le ciel qui inflige tempêtes, inondations, sécheresses et canicules. *La Forêt utile* l'est à la société, qui profite ainsi d'un combustible végétal, d'un matériau polyvalent et de richesses incomparables, bienfaits dont l'inventaire n'est pas fini. *La Forêt mouvante*, enfin, l'est dans ses limites comme dans ses composants, que ce fut en raison des améliorations sylvicoles ou des modifications climatiques.

Dans la civilisation monothéiste dont nous avons hérité, la perte paradisiaque sanctionna le péché originel : Adam et Eve, couple génésiaque, furent condamnés à l'errance, à la maladie, à la souffrance et à l'agonie. Le verger bienfaisant laissait place à une forêt hostile. Les fruits qu'on cueillait sur ses arbres n'étaient ni juteux ni sucrés. Tout juste rassaiaient-ils. Les « fruits » qu'on trouvait à leurs pieds étaient des champignons, truffes, cèpes et bolets, nés de la terre, mais dont la valeur nutritive était faible. Pour survivre, les hommes durent détruire la forêt en usant du feu : sur les cendres encore chaudes, ils semaient à la hâte dans l'espoir d'une prochaine récolte avant l'arrivée des premiers frimas. Ce schéma est resté dans nos esprits. Il est pourtant loin de correspondre aux réalités historiques.

#### LE CONTROLE DES ESPACES COLLECTIFS

En effet, les défrichements concernaient les boqueteaux et les lisières, mais respectaient les réserves qui permettaient aux hommes d'obtenir du gros bois pour leurs constructions ou au gibier de trouver un refuge pour sa reproduction. Au demeurant, au fur et à mesure que se renforçait le contrôle de la société-



Une forêt claire permettait le maintien des fruitiers et des herbes.

té sur les espaces collectifs, les surfaces affectées à la production de bois d'œuvre (« futaies ») et à la préservation du gibier (« garennes ») furent soustraites à la pression des défricheurs et des éleveurs. Il n'en allait pas de même pour le restant, ce « surplus » traité en taillis à courte révolution afin de concilier la fourniture en bois de feu et la nourriture des troupeaux. Nos ancêtres conçurent ainsi une forêt claire, où la présence de la lumière permettait le maintien des fruitiers et des herbes – un apport vivrier appréciable pour les hommes et pour leurs troupeaux.

Certes, il arrivait que l'équilibre soit rompu ; il suffisait pour cela que la

croissance démographique exigeât de cultiver davantage de terres ou que la densité pastorale, excessive, appauvrisse le couvert. Mais ces tensions ne duraient guère, soit parce que la mortalité inhérente aux guerres et aux « pestes », terme qui désignait toute épidémie, emportait une partie de la population – il en alla ainsi jusqu'en 1743, encore que le XIX<sup>e</sup> siècle n'a pas été exempt de ces contagions subites – soit parce que l'autorité intervenait dans la remise en ordre des forêts, médication impopulaire, mais souveraine, appelée « réformation » depuis le début du XVI<sup>e</sup> siècle. Ainsi, *grosso modo*, la superficie forestière a peu évolué jusqu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, apo-

gée des densités rurales qui explique l'étiage du patrimoine sylvicole.

Pourtant, souvent, il est placé en amont, dans le dernier tiers du XVIII<sup>e</sup> siècle. C'est confondre le contenant (les surfaces) et le contenu (les peuplements). De fait, si les surfaces diminuèrent tardivement, les peuplements faiblirent bien plus tôt en raison de l'abattage des arbres de réserve, maintenus comme semenciers, et de la réalisation des quarts de futaie, qui constituaient une épargne sur pied. Plus que leur état, les besoins d'une urbanisation galopante imposaient leur exploitation. A cela s'ajoutait l'essor des « bouches à feu », ces ateliers et ces

usines qui consommaient du combustible végétal, bûches et charbons de bois, faute d'avoir accès aux combustibles fossiles, tourbes et charbons de terre. Ces motifs poussaient les propriétaires, monarque et noblesse compris, à rajeunir leurs forêts pour accélérer le rythme des coupes : l'approvisionnement par contrat des industriels installés sur le pourtour des massifs les rendait bien mieux que les taxes versées par les habitants bénéficiaires de chartes usagères. Ces écrits étaient anciens et les redevances obsolètes car le monde avait changé...

### DES PAYSAGES FORESTIERS EN PERPETUELLE ÉVOLUTION

Ainsi, il est vain de croire les paysages forestiers immuables ; il l'est tout autant de les croire établis une fois pour toutes. La sylve régresse lorsqu'une production apparaît comme plus rentable. Au XIX<sup>e</sup> siècle, les terres argileuses, drainées, furent cultivées pour répondre à la demande sucrière : la betterave remplaça les taillis réguliers, destinés au fagotage et au charbonnage. Au XX<sup>e</sup> siècle, l'étalement des banlieues grignota la périphérie des forêts et, à force de lotissements, en supprima certaines comme les massifs du plateau de Saclay. À l'inverse, la forêt progresse lorsque rien n'arrête les essences pionnières : elle colonise les friches agricoles, les terrasses où poussaient vignes et fruitiers, les pâturages et les châtaigneraies qui furent abandonnés. Mais les citoyens remarquent davantage sa suppression, justifiée par un aménagement routier ou une implantation résidentielle, une orientation agricole ou une installation industrielle, que son avancée. À terme, le regard confond conquêtes et plantations, les unes sauvages et

les autres orientées : le Fonds forestier national (FFN), institué au lendemain du Second conflit mondial, permettait cet objectif en développant l'enrésinement. En attendant que les « arbres verts » atteignent l'âge d'exploitabilité, importer des résineux était indispensable, ce qui augmentait notre déficit commercial. Le réduire prendrait du temps : 40 ans pour le douglas, 50 ans pour le pin maritime, 60 à 70 ans pour le sapin et l'épicéa, moins quand il s'agissait non de bois d'œuvre, mais de bois d'industrie (poteaux, planches) ou de trituration (pâtes, panneaux). Pour un propriétaire, agriculteur préparant sa retraite ou citadin héritier d'un aïeul paysan, mieux valait boiser pour se constituer un capital, un revenu, que posséder une parcelle inculte. Aussi les particuliers usèrent-ils abondamment des commodités du FFN. Ce raisonnement, les municipalités le tinrent également de manière à accroître leurs ressources budgétaires. Ce n'était pas rien pour les communes de moyenne montagne, frappées de plein fouet par la crise du mouton.

### « La reforestation naturelle l'emporte, largement liée à la déprise rurale. »

### DES SURFACES EN CONSTANTE PROGRESSION

La superficie sylvicole progressa par vagues successives : reboisement autoritaire des montagnes érodées et des littoraux dunaires à partir du Second Empire ; reboisement volontaire, privé et public dans l'Entre-deux-guerres ; reboisement subventionné des années 1950 aux

années 2000 où le FFN fut arrêté. Et pourtant, la reforestation naturelle l'emporte largement, liée à la déprise rurale. Elle caractérise notamment le Sud-Est et le Sud-Ouest, où l'abandon des petites parcelles excentrées a généré un parcellaire sylvicole morcelé et compliqué qui, lui, n'a pas bénéficié d'un remembrement comparable à celui du parcellaire agricole. Perceptible à la veille du Premier conflit mondial, cette reforestation s'est accélérée tout au long des Trente Glorieuses, le patrimoine sylvicole progressant au rythme de 70 000 hectares par an jusque dans les années 1990. Avec la baisse des prix du bois, soumis à la concurrence internationale alors que son exploitation est onéreuse, faute de desserte, de qualité et de volume suffisant, les peuplements vieillissent sur pied, d'où la progression de la charge à l'hectare.

Ces sujets qui ne furent ni éclaircis ni élagués quand ces interventions étaient recommandées – l'argent et les hommes faisaient défaut – atteignent parfois des gabarits que les scieries locales ne pourraient traiter. Au reste, elles sont peu nombreuses à survivre, condamnées par leur non accès aux crédits bancaires. De ce fait, les arbres ne trouvent plus preneur. C'est le cas dans les Bauges pour des sapins magnifiques – 50 mètres de fût –, mais à l'écart de tout réseau de transport. Il existe donc une ressource ligneuse, mais sous-exploitée : l'entretien coûte cher et la récolte, quand récolte il y a, ne rapporte pas assez pour légitimer cet investissement que serait une régénération artificielle (plants sélectionnés) après exploitation. Évidemment, ces peuplements médiocrement enracinés et toujours trop denses sont vulnérables à l'incen-

die, surtout dans le Sud-Est quand le sous étage de broussailles est important, et aux tempêtes.

## LA FORET FACE AUX CALAMITES

Le XVII<sup>e</sup> siècle fut celui des frimas. La fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et l'ensemble du XIX<sup>e</sup> siècle connurent des températures plus douces, mais aussi des crues violentes et des vents terribles qui frappèrent durement les peuplements forestiers. Néanmoins, la perte ne fut pas grande, les chablis étant promptement recyclés en bois de feu. Entre l'année 1915 où la tempête ravagea la relativement jeune forêt des Landes et les années 1970, régna un calme certain : on oublia les dégâts venteux jusqu'au retour d'une période agitée. Cette fois, la perte économique fut considérable car portant sur des peuplements densifiés et vieillissants. Rappelons le désastre que furent les tempêtes Lothar et Martin en 1999, hâtivement déclarées « inconnues de mémoire d'homme », désastre suivi par celui de la tempête Klaus en 2009, laquelle décima le cœur landais. Cet espace avait été replanté après les grands feux des années 1940-1947 : ses pins maritimes étaient bons à récolter quand le météore les renversa ou les mutila. Les grumes qui valaient 30 euros le mètre cube furent cédées à 2 euros – de quoi décourager les descendants de ceux qui avaient relevé le défi de 1947 et désorganiser l'ensemble de la filière Forêt Bois.

C'est catastrophique pour une région où la sylviculture est productive et rémunératrice, la récolte prélevant jusqu'à 90 % de la croissance naturelle. Les Landais ont investi plus tôt et plus fort que d'autres

dans la mécanisation des opérations sylvicoles, en important des engins scandinaves ou nord-américains. C'est le signe d'une recherche continue de gains en productivité. Le rendement atteint 40 mètres cubes à l'hectare. Fondé en 1926, l'arboretum de Mimizan en est à la troisième génération des arbres « plus », c'est-à-dire des sujets améliorés à partir des sélections de plantules d'origine landaise, suite aux revers subis dans les années 1960 avec des plantules de provenance portugaise, vulnérables aux gelées printanières. Cette réussite est à porter au crédit du Groupement d'intérêt scientifique (GIS) « Pin maritime du futur », que finance la profession. Cette solidarité entre sylviculteurs et entrepreneurs - l'amont et l'aval - caractérise également les propositions d'assurances et de prêts.

L'amélioration génétique est impressionnante : dans les parcelles observées à Saint-Sardos, Sorre, Cabanac et Lavacantière, le volume a progressé de 15 % en quinze ans ; la recititude de même, tandis que la proportion de fourchaisons diminuait de 10 %. Les pins maritimes d'aujourd'hui ne ressemblent décidément pas à leurs ancêtres, mal fichus et fort tordus ! A dire vrai, c'est la forêt française tout entière qui ne ressemble pas à celle d'autrefois, plus jeune et plus claire, moins vaste et moins dense. Pourtant, il est une donnée qui reste, même si elle pèse moins que naguère : c'est la domination des caducifoliés (65 % des peuplements), le chêne chéri des Gaulois constituant l'essence vedette. Voilà qui étonne. En effet, l'opinion publique est persuadée du contraire comme si l'enrésinement qui, des hauteurs, a gagné la plaine, avait

bouleversé la composante sylvicole. Il n'en est rien. On peut même dire que c'est regrettable, du moins dans une perspective économique.

## ENTRE REVE ET REALITE

Comment mieux illustrer la dichotomie entre représentation et réalité ? C'est à tout cela que fait réfléchir l'ouvrage *Regards sur la Forêt*. Les approches sont multiples, tout comme ces représentations et ces réalités. Or, connaître leur ancrage, c'est appréhender les résistances qui génèrent l'adaptation aux exigences contemporaines. Qui ne rêve pas d'une forêt cadeau des dieux aux hommes ? Chacun pourrait aller y quêrir de quoi satisfaire ses besoins, la nature pourvoyant à tout. Eh bien, cela ne fut jamais sinon dans les contes de fées. Dommage. Au fond, les réactions humaines ont moins évolué que l'espace forestier, peut-être parce qu'à l'ombre des arbres, le temps ne coule plus. C'était déjà le cas dans les récits d'antan où l'enfant partait y cueillir la plante d'éternité et, l'ayant trouvée, échappait à la maladie et à la vieillesse et empêchait les siens d'y succomber. Comment ne pas espérer que la forêt procure force et santé, loisir et bon air. Dans ces conditions, qui aurait la mesquinerie de discuter investissement et rentabilité ? ■

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

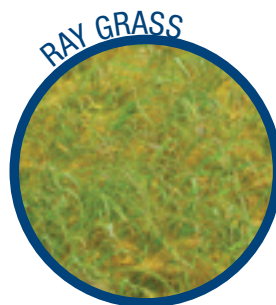
# Avadex<sup>®</sup>480

HERBICIDE

L'ALTERNANCE ANTI-GRAMINÉES  
DES ORGES, DES BETTERAVES  
ET AUTRES CULTURES

Gowan<sup>®</sup>  
FRANCE

## Avant qu'il ne soit trop tard !



- > **La solution économique** pour gérer la résistance des graminées dans la rotation
- > **Contrôle les levées** échelonnées de graminées jusqu'à 3 mois
- > **Le produit aux performances reconnues** depuis plus de 40 ans



Avadex<sup>®</sup> 480 : triallate 480 g/l. AMM n° 8800161. Cat. 1. Danger. H302, H304, H317, H319, H373, H410. Marque déposée GCIS, Portugal.

GOWAN France SAS - 5, rue du Gué - 77139 Puisieux - tel : 01 64 36 61 61 - fax 01 60 44 70 61 - www.gowanfrance.com - SAS au capital de 50 000€ - RCS de Meaux - SIRET 520 833 054 00015

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : UTILISEZ LES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES AVEC PRÉCAUTION.  
AVANT TOUTE UTILISATION, LISEZ L'ÉTIQUETTE ET LES INFORMATIONS CONCERNANT LE PRODUIT.



## Centre d'Information des Viandes

**1,46-21**  
Marie-Michel Roman, Directeur du CIV et  
agronome et sociologue

## GNIS

**1,70**  
Catherine Dagon, Directrice Générale du Gnis

## GOWAN

**1,71**  
Olivier Demuilloux, Directeur de Gowan France  
SAS

## ONF

**1,72**  
Jean-Yves Couët, Président du Conseil  
d'Administration de l'Office National des Forêts (ONF).

## CGB

**1,73**  
Alain Jeanroy, Directeur Général de la  
Confédération Générale des Producteurs de  
Laiteries

**Dossier publi-rédactionnel réalisé par FFE**

Contact : équipe publicitaire ffe

Philippe Simon - philippe.simon@revue-academieagricultures.fr - Tél : 01.43.57.31.44

## La viande a-t-elle sa place dans l'alimentation durable ?



**Le 14 mai 2014, le CIV a réuni chercheurs et scientifiques pour analyser les caractéristiques environnementales et nutritionnelles de la viande au regard de l'alimentation durable.**

**Quatre enseignements sont à retenir qui remettent en perspective quelques idées reçues.**

### **BIO EXPRESS**

Pierre-Michel Rosner, agro-économiste et sociologue, est maintenant directeur du CIV après avoir mené l'essentiel de sa carrière à l'international, sur des projets de développement agricole et rural.

### **La pertinence des questions sociétales**

La sécurité des aliments et la santé publique sont depuis longtemps prises en compte par les scientifiques et les pouvoirs publics. Les événements climatiques qui témoignent de la trajectoire non durable de notre société contraignent aujourd'hui à essayer d'en maîtriser les causes. L'enjeu est stratégique pour les filières agricoles. Ces préoccupations nutritionnelles et environnementales se traduisent par de nombreux travaux de recherche et par une demande de nouvelles preuves du caractère sain des aliments, exprimée par la notion d'alimentation durable : un aliment bon pour moi et bon pour la planète.

### **Un besoin de nuance et de multidisciplinarité**

Le rapport des Hommes à l'alimentation et l'histoire des systèmes de gestion des risques sanitaires renvoient à de nombreuses disciplines – médecine, toxicologie, nutrition, etc. – et à des représentations culturelles et normes sociales : le bien/le mal, le pur/l'impur, le doute, le plaisir, le rapport au corps, à la santé, aux animaux...

Les analyses monocritères (le carbone, le gras...) s'avèrent insatisfaisantes. En nutrition, ce sont les apports en différents nutriments qu'il faut intégrer pour raisonner en termes d'équilibre nutritionnel des repas puis du régime alimentaire. De même, sur le plan environnemental, le carbone n'est qu'un indicateur parmi d'autres

et les approches multicritères sont à préconiser. Sur ce point, l'élevage a des effets positifs à faire valoir, comme le maintien de la biodiversité. Les recherches visant une réduction globale des impacts des différents systèmes de production s'avèrent d'ailleurs plus prometteuses.

### **Innover dans les méthodes d'analyse**

De nouvelles recherches combinent la mesure des impacts environnementaux et des qualités nutritionnelles des régimes alimentaires. Elles mettent à mal les idées reçues : substituer la viande par des fruits et légumes engendre une légère augmentation de l'impact carbone total du régime car le volume de fruits et légumes nécessaires pour fournir une



Le colloque du CIV a rassemblé près de 200 participants à l'Institut Pasteur, à Paris.



De gauche à droite : G.Masset, V.Carlier, JM.Lecerf, J.Mousset, JL.Lambert et Julien Damon

quantité énergétique comparable à celle de la viande est plus important. Inversement, substituer la viande par des oeufs et laitages ne réduit que très faiblement le bilan. En définitive, c'est la quantité des aliments du repas qui fait l'impact carbone, plus que leur nature.

**L'efficacité : un critère majeur dans la lutte contre le gaspillage alimentaire.** Dans l'industrie, la lutte contre le gaspillage est une question d'efficacité traitée point par point. Pour la viande, activité de découpe, la recherche d'efficacité renvoie à des questions systémiques, de l'élevage à la boucherie.

Au regard d'une consommation par l'Homme, les 38 % de grains consommés en France par le bétail sont un gaspillage. Mais l'efficacité des productions animales varie selon la production comptabilisée (la viande et/ ou le lait, les génisses...) et selon la période considérée (journée, carrière...). Les échanges de matières (effluents, fourrages) entre exploitations d'une région font obstacles aux calculs sur l'exploitation. L'efficacité de l'élevage ne peut être évaluée que par des méthodes combinant

différents critères et changements d'échelle. En milieu de filière, le gaspillage alimentaire renvoie au sens strict à la mise au rebut des produits comestibles (2/3 imputables au consommateur). Plus largement, le gaspillage correspond à une sous-utilisation d'un produit non destiné à la consommation humaine. Or il existe une hiérarchie des usages depuis la consommation humaine puis animale, à la valorisation hors alimentation et à la production d'énergie.

Les opérateurs ont en outre des intérêts croisés : les bonnes pratiques des uns (animaux propres, sains...) autorisent les pratiques des autres (valorisation des cuirs, moindre pertes en abattoir...) ; et les contraintes se répercutent sur l'ensemble de la filière. L'efficacité des usages non alimentaires est ainsi difficile à

appréhender. Les flux de matière sont en interaction. Au total, les 50 à 60 % de l'animal qui ne servent pas à l'alimentation humaine ont bien des débouchés dans l'industrie : maroquinerie, lipochimie, production d'engrais, de carburant, pet-food, cimenteries. Dans la boucherie ou les industries de transformation, cette même recherche d'efficacité systémique existe dans la gestion de l'équilibre entre avant et arrière de l'animal, morceaux nobles et bas morceaux. La notion d'alimentation durable doit donc être déclinée avec précaution afin de prendre en compte les spécificités des filières élevage et viandes. Un débat à mener sur des bases scientifiques solides.

#### ENTREPRISE EN BREF

Le Centre d'Information des Viandes (CIV) est une structure d'information tournée vers des publics professionnels et avertis, qui se consacre à la diffusion des connaissances scientifiques et à la mise en débat des questions ayant trait aux impacts des filières élevage et viandes.





## Les semences, premier maillon de la sécurité alimentaire



**A l'entrée de la chaîne agroalimentaire, les semences disposent d'une organisation qui garantit leur qualité et leur traçabilité.**

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

### **En quoi la filière des semences contribue-t-elle à la sécurité alimentaire ?**

Déjà par son organisation unique qui est, en France, l'une des plus abouties de l'univers agroalimentaire. Son fonctionnement repose sur deux piliers. Premièrement, dès les années 30, l'inscription des variétés au Catalogue officiel après de nombreux essais qui attestent de leurs caractéristiques propres.

Ces opérations d'essais sont assurées par le Geves (Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences) pour le compte du CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection des plantes cultivées). Depuis 2011, un critère d'amélioration environnementale a été ajouté à ce système d'inscription des semences, ce qui complète opportunément le dispositif. Deuxièmement, depuis 1962, la certification qui garantit une qualité constante des semences ainsi que leur traçabilité.

Ce contrôle et cette certification des semences sont assurés au sein du Gnis, auquel l'Etat délègue cette mission, par le Soc (Service officiel de contrôle et de certification). C'est cette organisation qui a rendu

possible le développement du secteur devenu le premier producteur européen et le premier exportateur mondial de semences.

### **Quels progrès ont accompagné ce développement ?**

Sur le plan quantitatif, les progrès de la génétique apportés par les semences contribuent pour 70% à la hausse des rendements des cultures, ce qui favorise l'accessibilité à des productions agricoles, base de l'alimentation, partout dans le monde. Et sur le plan qualitatif, ils renforcent la résistance aux stress causés par les aléas climatiques ainsi que la tolérance aux maladies, et ce, tout en permettant de réduire le recours aux produits phytosanitaires.

Enfin, sur le plan alimentaire, l'amélioration des variétés favorise la composition nutritionnelle des plantes ou leur adaptabilité aux procédés de transformation.

### **Quelles sont les perspectives nouvelles de la filière ?**

La filière française des semences reste à la fois dynamique sur le plan économique et innovante sur le plan technique. Il faut savoir que les entreprises du secteur consacrent 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. De plus, elles entreprennent depuis longtemps des programmes collaboratifs avec la recherche publique.

Résultat : le savoir-faire français en matière de semences est mondialement reconnu.

### **ENTREPRISE EN BREF**

Gnis (Groupement national interprofessionnel des semences et plants)

Le Gnis est un espace de concertation pour les différents acteurs des semences : 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).

Le secteur semencier français, c'est 72 entreprises de sélection, 249 entreprises de production, 17 800 agriculteurs multiplicateurs et 23 000 points de vente. En 2013, le chiffre d'affaires du secteur était de 3,2 Md d'euros, dont 1,4 Md à l'exportation.

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



## L'innovation dans l'agriculture au fur et à mesure des dernières découvertes



**Face au paradoxe de la productivité et de la protection de l'environnement, l'agriculture doit trouver un équilibre où l'innovation et les nouvelles technologies ont un rôle important à jouer.**

**Entretien avec Olivier Deneufbourg, Directeur de Gowan France SAS, qui revient sur l'innovation dans l'agriculture et qui met en avant la contribution de Gowan dans ce domaine.**

### **Comment se caractérise l'innovation dans l'agriculture ?**

L'agriculture utilise pour ses besoins les avancées scientifiques et technologiques disponibles pour d'autres domaines. Depuis 50 ans, elle fait face au challenge de nourrir une population toujours plus nombreuse avec des surfaces cultivées réduites. Elle a ainsi constamment innové pour y répondre grâce à des variétés plus adaptées, une fertilisation plus précise, une protection des plantes plus ciblée et plus efficace. Aujourd'hui les nouvelles technologies de l'information comme le GPS, l'internet mobile et le « Big Data » arrivent avec de très nombreuses applications agricoles.

Mais, l'innovation est aussi dans le devenir des produits agricoles. Il ne faut pas oublier que l'agriculture produit aussi de l'énergie renouvelable : biocarburants, bien sûr mais aussi la méthanisation, le solaire et l'éolien. Enfin, la chimie verte nous offre de très nombreuses possibilités en cours de développement.

### **Quels sont les enjeux pour l'agro-écologie et l'agriculture durable ?**

Il s'agit de concilier les aspects

économiques et les aspects écologiques. D'un point de vue économique, l'enjeu est de produire toujours plus tout en maintenant des prix raisonnables. Et d'un point de vue écologique, l'enjeu est de préserver la qualité de notre environnement : l'eau, la biodiversité, les paysages... Je pense qu'il faut rester optimiste face à cette problématique. Grâce aux dernières innovations, nous sommes capables d'optimiser la consommation et les performances des moteurs. L'utilisation des engrais a considérablement évolué : on utilise moins d'azote à la tonne produite, on peut localiser pour éviter la volatilisation. Les dernières innovations permettent la mise en place d'une pulvérisation ciblée avec la dose qu'il faut, là quand il le faut. Des bandes végétalisées protègent les cours d'eau.

L'agriculture va dans le sens du progrès. Il n'y aura pas de nouvelle révolution mais plutôt des évolutions, des ajustements au fur et à mesure des nouvelles découvertes.

### **Au sein de Gowan, quelle place occupe l'innovation ? Comment y contribuez-vous ?**

Gowan est une petite entreprise. Nous n'avons donc

pas les moyens de faire du screening pour découvrir de nouvelles substances actives. Mais en termes d'innovation, nous avons concrétisé plusieurs avancées à notre échelle : sur la culture des betteraves, nous avons mis au point une technique d'incorporation de l'herbicide dans le sol, en même temps que le semis en utilisant la technologie du GPS, qui permet de profiter de l'humidité résiduelle et de ne faire qu'un seul passage : un véritable gain de temps et d'énergie. Gowan améliore aussi les formulations de ses produits : granulés plutôt que poudres mouillables, micro-encapsulation pour une meilleure protection de l'environnement. Par ailleurs, nous menons aussi régulièrement des études d'impact de nos insecticides pour les positionner au mieux et permettre un relais d'efficacité grâce à la faune auxiliaire. Comme beaucoup de confrères, nous investissons aussi sur le développement de nouveaux produits naturels.

Néanmoins, ceux-ci ne sont pas faciles à utiliser et ne suffiront pas seuls. Gowan croit donc à une combinaison des produits naturels et de synthèse pour des programmes plus performants dans le cadre de l'agriculture durable.



## La préservation de la forêt publique est l'affaire de tous



**L'actualité parlementaire : adoption en 2<sup>de</sup> lecture par l'Assemblée Nationale de la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (LAAF), projet de loi sur la biodiversité, sur la transition énergétique, a été propice pour mettre en avant la thématique qui nous intéresse aujourd'hui des enjeux du changement climatique pour la forêt publique et la biodiversité.**

**Entretien avec Jean-Yves Caullet, Président du Conseil d'Administration de l'Office National des Forêts (ONF).**

### **Comment le changement climatique impacte les forêts publiques ?**

La forêt qu'elle soit publique ou privée va être impactée par les dérèglements climatiques dont on ne peut plus nier les réalités, même si cela ne se voit pas toujours de façon immédiate. En effet, on sait que les forêts souffrent de stress hydrique lié aux épisodes de canicules ou de façon moins visible à une pluviométrie plus aléatoire et à l'augmentation des températures. Nous savons, et cela est confirmé par les travaux des experts, que ces perturbations climatiques vont durablement peser sur les équilibres climatiques et être à l'origine d'accidents climatiques violents de plus en plus fréquents. Tempêtes, inondations, épisodes neigeux... ont des conséquences immédiates très visibles sur les massifs forestiers et créent des désordres lourds tant économiques qu'écologiques.

Dans ce contexte environnemental perturbé, le forestier doit faire des choix pour la forêt de demain. L'exercice est difficile car le demain du forestier se situe à l'horizon 50-100 ans. Les essences choisies doivent pouvoir prospérer dans les conditions climatiques de demain. Les études menées par

l'INRA de Nancy, par exemple, permettent de guider le travail du forestier en lui fournissant des éléments à travers des scénarios intégrant une multitude de données.

### **Faut-il plutôt promouvoir une atténuation de ce phénomène ou une adaptation des forêts ?**

Tout ce qui peut être fait pour diminuer l'impact des activités humaines sur le climat doit être promu. L'utilisation du bois, surtout si on respecte bien ses différents usages, est très vertueux pour le climat par rapport à d'autres matériaux car, tant qu'il n'est pas brûlé, le bois stocke le carbone. Il faut néanmoins, parallèlement à la promotion de l'utilisation du bois, prévoir l'adaptation des forêts aux dérèglements climatiques futurs.

### **Qu'en est-il de la biodiversité ?**

La biodiversité des milieux forestiers est une des aménités environnementales, reconnues désormais par la loi (LAAF) comme missions essentielles de la forêt : conservation des ressources génétiques et biodiversité forestières, protection de la ressource en eau et de la qualité de l'air, protection et fixation des sols, notamment en montagne, fixation du carbone et donc contribution à la lutte contre le changement

climatique. Avec l'ONF, la forêt publique participe largement au suivi et à la mise en place d'actions visant à la protection de la biodiversité. Mais il est essentiel de savoir conserver un bon équilibre sylvocynégétique notamment en ce qui concerne les populations de cervidés qui lorsqu'ils sont en surpopulation menacent la forêt et les autres espèces.

### **Quel est le rôle de l'ONF ?**

Etablissement public à caractère industriel et commercial, l'ONF 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.

## 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 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 essence qui soit immédiatement disponible 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 progressifs 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.

### 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 encore 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

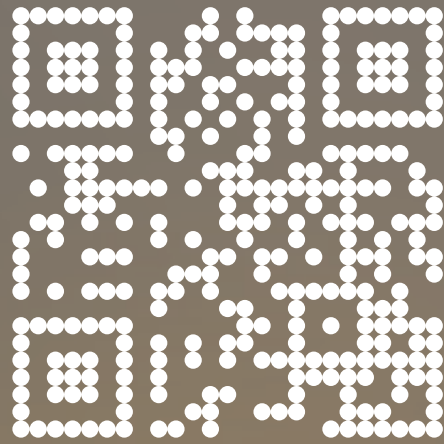
dans toutes les essences à des taux variables : jusqu'à 10% dans le supercarburant sans plomb SP95-10 et jusqu' à 85% dans le Superéthanol E85. Le SP95-E10 est utilisable par plus de 80% du parc automobile essence en France et représente déjà 30% des essences vendues sur le territoire en 2014. Quant 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 FlexFuel dont les moteurs sont conçus pour rouler indifféremment au SP98, au SP95, au SP95-E10 ou au 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 par rapport au SP95 en tenant compte de la surconsommation, soit environ 20€ d'économie par plein de 50 litres.

#### Le bioéthanol en Chiffres :

- 10% d'énergies renouvelables dans le secteur des transports en Europe en 2020
- 60% de réduction d'émissions de gaz à effet de serre en moyenne par rapport à l'essence
- Moins de 2% seulement des surfaces françaises cultivées en betteraves et céréales seront utilisées pour répondre à l'objectif d'incorporation de 7% en 2014



Un réseau **vraiment** social

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



*Horyou*