

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

SÉANCE SOLENNELLE DE RENTRÉE

**INSTITUTIONS, SCIENCE, MARCHÉ, SOCIÉTÉ CIVILE ET SÉCURITÉ
ALIMENTAIRE**

BIO-ÉCONOMIE DU BOIS ET CARBONE VERT

PRÉSENTATION DES TRAVAUX DES MÉDAILLÉS D'ARGENT

**BONNES PRATIQUES PHYTOPHARMACEUTIQUES : INNOVER, PROTÉGER,
PRÉSERVER**

LA SANTÉ DES FORÊTS

**L'ENJEU DES NÉGOCIATIONS COMMERCIALES EN COURS : L'EXEMPLE
DU TRAITÉ TRANSLANTIQUE**

RÔLE DE L'ALIMENTATION PÉRINATALE

LA FILIÈRE PLANTES LÉGUMIÈRES EN FRANCE

SOMMAIRE

SÉANCES D'OCTOBRE À DÉCEMBRE 2015

- 7 **SÉANCE SOLENNELLE DE RENTRÉE AU SIÈGE DE GROUPAMA**
(30 septembre 2015)
Discours d'accueil par **Jean-Yves Dages**, Président de la Fédération nationale Groupama.
Rapport de Monsieur **Gérard Tendron** sur les travaux de l'Académie d'Agriculture de France.
Présentation du « Trophée Jean-Paul Lanly de l'Académie d'Agriculture de France pour la valorisation du bois français », par **Jean-Paul Lanly**.
Proclamation des récompenses (Prix et Médailles) de l'Académie et de la Fondation Xavier-Bernard. Bourses Dufrenoy–Crédit agricole d'Île-de-France mécénat.
- 37 **INSTITUTIONS, SCIENCE, MARCHÉ, SOCIÉTÉ CIVILE ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE**
Séance animée par **Jean-Louis Rastoin** (7 octobre 2015)
La construction d'un dispositif de sécurité alimentaire à travers les institutions et les politiques publiques nationales et intergouvernementales – un point de vue politique, par **Dacian Ciolos**
Les contributions scientifiques et technologiques à l'amélioration de la sécurité alimentaire, par **Gilles Trystram**.
Le point de vue de la société civile, par **Bénédicte Hermelin**.
- 43 **BIO ÉCONOMIE DU BOIS ET CARBONE VERT**
Séance animée par **Patrick Ollivier** (14 octobre 2015)
Intervention de **Claude Roy**.
- 63 **PRÉSENTATION DES TRAVAUX DES MÉDAILLÉS D'ARGENT**
Séance animée par **Michel-Claude Girard** (4 novembre 2015)
Attractivité des aliments et consommation alimentaire chez les personnes âgées selon leur statut cognitif, par **Virginie Pouyet**.
Contrôle génétique et physiologique de la prolificité en race ovine Lacaune : caractérisation de la mutation causale et rôle fonctionnel du gène *FecL*, par **Camille Mansanet**.
Étude de la synthèse du resvératrol et de ses dérivés (viniférines) par des suspensions de cellules de vigne et optimisation de la production en bioréacteur, par **Thomas Chastang**.
Étude de la remobilisation des métaux au cours de la sénescence foliaire dans le cadre de la réhabilitation des sols pollus, par **Mathieu Pottier**.
Le contrôle des émissions de protoxyde d'azote par le fonctionnement hydrique des sols, par **Eva Rabot**.
La protection juridique de la qualité des sols, par **Maylis Desrousseaux**.
Développement caféier et dislocation des sociétés paysannes dans le sud-ouest éthiopien, par **Samir El Ouaamari**.
- 99 **INTERACTIONS PLANTES-MICROORGANISMES TELLURIQUES AU SERVICE DE L'AGROÉCOLOGIE**
Colloque animé par **Dominique Job** (5 novembre 2015)
Compréhension et valorisation des interactions entre plantes et microorganismes telluriques : un enjeu majeur en agroécologie, par **Philippe Lemanceau**.
Orienter les communautés et populations microbiennes telluriques via l'utilisation de plantes productrices d'opines, par **Yves Dessaux**.
Orienter les communautés et populations microbiennes telluriques via l'utilisation de biostimulants perturbant la communication moléculaire bactérienne, par **Xavier Latour** et **Denis Faure**.

Les mécanismes de signalisation moléculaire régulant le développement de la symbiose mycorhizienne, par **Francis Martin**.

Nouvelles approches en protection des cultures, par **Marie-Claire Grosjean-Cournoyer**.

Rôle des petits peptides riches en cystéines dans la symbiose fixatrice d'azote atmosphérique, par **Peter Mergaert**.

Les facteurs Nod et les facteurs Myc: signaux symbiotiques ou facteurs de croissance et de développement des plantes ? par **Guillaume Becard**.

Mécanismes impliqués dans l'adaptation de la symbiose rhizobiumlégumineuse à des contraintes environnementales, par **Marc Lepetit**.

Coévolution des génotypes végétaux et des populations bactériennes PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*), par **Yvan Moëgne-Loccoz**.

Mécanismes cellulaires et moléculaires et ingénierie écologique des mycorhizes à arbuscules, par **Daniel Wipf**.

Les relations trophiques microfaune - bactéries rhizosphériques - mycorhizes : quel rôle dans le recyclage des nutriments ? par **Claude Plassard**.

109 TERRITOIRES ET ÉLEVAGES 2015

Colloque animé par **Jean-Paul Jamet** et **Jacques Brulhet** (13 novembre 2015)

Quelles perspectives de développement pour l'élevage dans les dynamiques territoriales du Grand-Ouest, par **Gérard Maise**.

Quelles perspectives de développement pour l'élevage dans la dynamique territoriale de la nouvelle région Auvergne Rhône-Alpes, par **Claude Béranger** et **Jean-Paul Renard**.

Metz-Agrimax, par **Maurice Barbezant**.

119 BONNES PRATIQUES PHYTOPHARMACEUTIQUES : INNOVER, PROTÉGER, PRÉSERVER

Séance animée par **Catherine Regnault-Roger** (18 novembre 2015)

La contribution de l'industrie de la protection des plantes à une agriculture durable, par **Jean-Charles Bocquet** et **Julien Durand-Réville**.

AGERIS : les bonnes pratiques phytosanitaires à haute valeur environnementales, un pas vers la durabilité, par **André Fougeroux**.

Les bonnes pratiques pour une meilleure gestion de la fin de vie des produits phytopharmaceutiques, par **Pierre de Lépinau**.

149 LA SANTÉ DES FORÊTS

Séance animée par **Marie-Laure Desprez-Lousteau** (25 novembre 2015)

Nouveaux risques biotiques pour les forêts induits par les changements globaux, par **Benoît Marçais**.

Peut-on sélectionner les arbres forestiers pour la résistance aux bio-agresseurs ? par **Catherine Bastien**.

Diversité des forêts et résistance aux bio-agresseurs par **Hervé Jactel**.

Approche économique des risques biotiques en forêt - exemple d'analyse de stratégies de prévention dans les Landes de Gascogne, par **Marielle Brunette** et **Sylvain Cauria**.

165 ÉLEVAGE BOVIN : ENJEUX ANCIENS ET TENDANCES ACTUELLES

Colloque animé par **Pierre Del Porto** (26 novembre 2015)

Nourrir les bovins, par **Jacques Risse**.

Steak (R)évolution, par **René Laporte**.

173 L'ENJEU DES NÉGOCIATIONS COMMERCIALES EN COURS : L'EXEMPLE DU TRAITÉ TRANSLANTIQUE

Séance animée par **Michel-Jean Jacquot** et **Gilles Bazin** (2 décembre 2015)

Les enjeux des processus de négociations commerciales en cours : l'exemple du traité transatlantique, par **Dominique Plihon**.

Les enjeux agricoles de la négociation transatlantique, par **Thierry Pouch**.

- 179 **RÔLE DE L'ALIMENTATION PÉRINATALE SUR LA MISE EN PLACE DE SYSTÈMES DE DÉFENSE OU D'HOMÉOSTASIE DE L'ORGANISME**
Séance animée par **Jean-Michel Wal** (9 décembre 2015)
Impact de l'alimentation périnatale sur la mise en place du microbiote intestinal et de ses fonctions, par **Gérard Corthier**.
Impact de l'alimentation périnatale sur la réponse immunitaire et la propension à développer une allergie ou une intolérance alimentaire, par **Jocelyne Just**.
Impact de l'alimentation périnatale sur le développement cérébral et neurologique, par **Jean-Marie Bourre**.
- 187 **LA FILIÈRE PLANTES LÉGUMIÈRES EN FRANCE : SON ÉVOLUTION ET L'APPORT DE LA RECHERCHE**
Séance animée par **André Gallais** (16 décembre 2015)
Présentation et évolution de la filière légumes, par **Catherine Lagrue**.
L'évolution du secteur semencier des plantes légumières, **Denis Lör**.
Les progrès réalisés et les travaux en cours, par **Mathilde Causse**.
- 203 **Analyses d'ouvrages**
- 213 **Vie de l'Académie**

SÉANCE SOLENNELLE

**Au siège de GROUPAMA
8-10 rue d'Astorg 75008 Paris**

Sous la présidence de

Monsieur le Ministre de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt

Mercredi 30 septembre 2015

Discours d'accueil

par Jean-Yves Dages¹

Madame la Présidente de l'Académie d'Agriculture de France,

Monsieur le Secrétaire perpétuel,

Monsieur Mauguin, représentant du Ministre,

Monsieur Imbault,

Mesdames, Messieurs,

C'est pour moi un plaisir d'accueillir la séance solennelle de votre assemblée aujourd'hui.

C'est aussi un honneur de respecter une tradition établie entre nos institutions qui veut que par intervalle nos locaux servent de cadre à votre séance solennelle de rentrée.

Groupama, assureur mutualiste, et l'Académie d'Agriculture de France ont su en effet tisser au fil des années un partenariat pérenne, qui s'appuie sur des principes communs, de confiance, de réflexion collective et de partage au bénéfice de l'agriculture et de son environnement.

Vous me permettrez d'en être particulièrement fier aussi cette année, car j'y vois une nouvelle preuve de la reconnaissance de l'action de Groupama, en sa qualité d'OPA (Organisation professionnelle agricole), au sein du monde agricole et de sa vocation à y soutenir la recherche et l'innovation.

Recherche et innovation sont des atouts essentiels dans notre monde actuel et spécialement pour l'agriculture qui est aujourd'hui de plus en plus une agriculture diverse, connectée et numérique.

Groupama s'efforce dans son activité d'assurance agricole d'intégrer au plus près les évolutions technologiques, dans une approche constructive et concrète.

Ceci tant dans la conception produits destinés à couvrir des nouveaux risques que pour l'expertise, avec par exemple des tests sur l'utilisation des drones.

L'intérêt des travaux de recherche que soutient votre Académie est évident et ressort bien des publications que j'ai pu consulter pour préparer cette rencontre.

Outre ces recherches de haut niveau qui sont l'essence de vos activités, d'autres éléments ont aussi attiré mon attention. Il s'agit de points relatifs à la vie et à l'organisation de votre Académie et qui apparaissent aussi très importants.

Je veux évoquer ici votre volonté de féminisation de votre Assemblée et d'intégration de personnes

¹ Président de la Fédération nationale Groupama.

plus jeunes.

Beaucoup d'organisations prennent en compte ces réflexions dans leur propre fonctionnement, et nous le faisons depuis plusieurs années.

Nous en avons donc éprouvé la complexité, mais aussi la nécessité. En effet en appelant parfois à des remises en cause, ces questionnements sont autant d'opportunités d'évoluer, et au final de contribuer de manière plus efficiente aux solutions des problématiques nombreuses de notre environnement, agricole et au-delà.

Je voudrais donc ici souligner particulièrement l'intérêt de cette démarche, tant pour votre Institution en elle-même, que pour le développement d'une agriculture équilibrée et responsable, par la capacité renouvelée qu'elle pourra permettre pour développer les travaux scientifiques.

Dans le même sens, votre Académie a lancé une série de partenariats avec les écoles et les Universités qui ne peuvent que contribuer à son rayonnement et à soutenir la recherche la plus innovante.

Groupama suit pour sa part cette même voie de mise en place de partenariats universitaires, touchant l'agriculture et les territoires. A ce titre, nous avons conclu par exemple une convention de recherche avec le CNAM pour étudier l'évolution des territoires de la région Rhône-Alpes Auvergne de Groupama.

Concernant plus directement les questions agricoles, en vous accueillant en 2010 ici même, mon prédécesseur, Jean-Luc Baucherel, avait évoqué le sujet de la gestion des risques en agriculture.

Au travers de nombreuses étapes, cette approche a largement progressé dans les esprits et les pratiques avec les efforts des OPA et des pouvoirs publics, qui ont abouti à la mise place du contrat socle et aux travaux en cours sur l'assurance des prairies.

Nous pouvons tous nous en féliciter pour une meilleure protection des exploitations.

Parfois, des travaux académiques peuvent être perçus à leur origine comme un peu loin de la réalité concrète du terrain, mais lorsque l'on sait en exploiter les potentialités, ils contribuent au final à faire avancer la sécurité et la sûreté des activités agricoles et de ceux qui y travaillent, comme le développement des territoires qui les abritent.

Les prix et médailles qui vont être remis cet après-midi en sont un nouvel exemple.

Ils témoignent aussi de l'engagement des jeunes dans la recherche la plus fondamentale, et sont pour nous un signe fort de la qualité et de la pertinence de l'action de votre Académie.

C'est par un travail commun et confiant, que nous pourrons chacun dans notre domaine d'action et de responsabilité, contribuer à valoriser le potentiel de l'agriculture en France.

Et ceci est d'autant plus nécessaire dans cette période d'évolutions majeures et pour certains difficiles.

L'agriculture, l'alimentation et l'environnement, qui sont les domaines de travail de l'Académie, sont ainsi au cœur de notre actualité la plus immédiate et constituent des enjeux de long terme décisifs.

La prochaine conférence sur le climat - la COP 21 – à la fin de cette année à Paris en est la parfaite illustration avec ses enjeux mondiaux qui sont de plus en plus l'échelle nécessaire de la réflexion.

La composition de votre Académie, avec ses membres et ses correspondants non français, reflète bien d'ailleurs cette internationalisation des sujets, en dehors même de la question du changement climatique qui est la plus emblématique.

Je citerai parmi un très grand nombre de contributions et de réflexions qui sont d'ailleurs fort heureusement accessibles facilement sur la Toile, la sollicitation de plusieurs des membres de votre académie dans le cadre de l'exposition universelle de Milan qui se tient en ce moment sur le thème « Nourrir la planète, énergie pour la vie ».

En cette année 2015 qui est « l'année des sols », il faut mentionner vos travaux et colloques sur les différents aspects de ce sujet essentiel pour l'agriculture, et votre rapport sur l'eau et l'agriculture dans un contexte de plus en plus complexe de gestion des différentes utilisations des territoires. Enfin, dans notre actualité la plus présente, un intérêt particulier s'attache à vos travaux sur l'élevage.

D'ailleurs, au risque de surcharger l'agenda, et dans le prolongement de vos travaux antérieurs, une réflexion renouvelée de l'Académie sur les problématiques touchant l'apport de l'agriculture et des agriculteurs à leur milieu de vie, à leur environnement susciteraient, j'en suis certain, un intérêt majeur.

Nous savons que l'apport de l'agriculture à la valorisation des territoires n'est en effet pas rémunéré, et que s'il bénéficie aux agriculteurs, il apporte aussi à ceux qui vivent sur ces territoires et à la société en général en contribuant à l'agrément du paysage, mais aussi à la vitalité et à la permanence des territoires ruraux.

Une approche, claire, transparente et étayée scientifiquement de ces sujets serait une forte contribution à des débats qui obligatoirement reviendront au premier plan.

Dans un monde agricole en transformation et dont les équilibres économiques sont plus volatils, votre Académie pourrait aussi étendre ses réflexions à l'analyse des étapes de la création de valeur à son partage les différentes parties prenantes, et naturellement les agriculteurs, au sein des chaînes alimentaires et des filières.

Nul doute que, là aussi, l'approche collective et concertée de l'Académie contribuerait à éclairer ce débat très complexe de manière constructive.

Les travaux de l'Académie revêtent et revêtiront ainsi une importance croissante, tant par les domaines de recherche que par l'approche faite de concertation et de pondération pour favoriser le collectif, approche qui est particulièrement précieuse dans les réflexions sur les sujets fondamentaux.

Les travaux qui vont être récompensés s'inscrivent dans cette lignée. Ils ouvrent aussi sur l'avenir et les échanges internationaux, et pour cela nous en remercions à la fois les chercheurs qui les ont conduits et ceux qui ont su repérer ces talents.

Des médailles seront aussi remises pour célébrer des contributions majeures.

Je voudrai par avance m'associer à la reconnaissance dont vous allez témoigner auprès de ces personnalités.

Mesdames, Messieurs, en vous renouvelant mes souhaits les plus cordiaux de bienvenue à Groupama pour cette séance solennelle de rentrée 2015, je vous remercie de votre attention.

RAPPORT DE M. GÉRARD TENDRON

SECRETAIRE PERPETUEL DE L'ACADÉMIE

L'année académique 2014-2015 a été marquée par la mise en œuvre du programme de travail arrêté par la Commission des programmes et par l'engagement de deux chantiers importants :

- la définition d'un plan d'actions afin de développer la notoriété de l'Académie ;
- la valorisation des travaux de l'Académie.

Ce sont ces trois points qui constitueront l'essentiel du compte-rendu d'activités de l'Académie, les autres sujets étant rappelés plus brièvement. Dans une seconde partie seront évoquées les perspectives pour 2015-2016.

A - LES ACTIVITÉS DE L'ACADÉMIE EN 2014-2015

1- L'élaboration du programme de travail

Les réflexions engagées en 2012, à l'occasion de la révision des statuts de l'Académie sur le rôle qu'elle doit jouer, 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'élaboration collective d'un programme de travail en 2012 a mobilisé l'ensemble des membres de la Compagnie et est actualisé chaque année. Il répond à trois préoccupations :

- être un outil structurant de nos travaux ;
- être un outil de dialogue entre les sections ;
- être un instrument de communication interne et externe.

Il permet de dégager des priorités, aussi bien pour le choix des séances que pour la mise en place de groupes de travail.

Quatre thématiques principales ont mobilisé les réflexions de l'Académie.

1.1 - Produire mieux et plus pour nourrir les hommes

Nourrir la population de la planète qui continue à augmenter fortement, tout en préservant au mieux l'environnement, nécessite de produire plus et de réduire l'impact des cultures et de l'élevage sur l'environnement, dans un contexte de changement climatique.

Etre vigilant sur la préservation de la biodiversité, utiliser avec discernement les intrants agrochimiques, mettre en œuvre des méthodes de production écologiquement intensives, plus attentives aux préoccupations environnementales en matière de santé, valoriser les ressources que sont les sols, l'eau et l'azote notamment, se révèlent être des enjeux qui requièrent d'adapter les cultures, les itinéraires techniques et les systèmes de production, en utilisant au mieux les résultats des connaissances scientifiques, les outils de l'agronomie et de l'amélioration des plantes.

De même, doivent être étudiées les évolutions souhaitables de la transformation et de la distribution des produits alimentaires afin d'assurer sur le long terme la sécurité alimentaire (produire suffisamment) et la sécurité des aliments (produire des aliments sains), sachant que les besoins augmentent rapidement.

Sur le plan social, il convient aussi d'aborder la question cruciale des évolutions quantitatives et qualitatives du marché du travail en agriculture et des exclusions paysannes à l'échelle mondiale, alors même que la pénurie mondiale d'emplois risque de s'amplifier avec une population supplémentaire de deux milliards d'hommes d'ici à 2050.

1.2 - Adapter la gestion des écosystèmes agricoles et forestiers pour accompagner les changements globaux

Les effets du réchauffement climatique risquent de s'accroître dans les années à venir. Des sécheresses récurrentes pendant la saison de végétation des forêts ou des cultures, une élévation de la température moyenne, des épisodes fréquents d'incidents d'origine climatique auront des répercussions majeures sur les écosystèmes cultivés, agricoles ou forestiers.

Identifier les facteurs de risques, prévoir les aléas et les stratégies d'adaptation des écosystèmes agricoles et forestiers et définir les modalités d'une gestion adaptative revêtent donc une importance particulière.

Les choix d'espèces ou de variétés, en fonction des sols et des ressources en eau, des rotations, des modes de culture, des objectifs de production et l'utilisation des terres devront, dans bien des cas, être adaptés, en tenant compte des progrès de la sélection conventionnelle, de la génomique, voire de la transgénèse.

De même, des réflexions prospectives sont indispensables concernant l'impact de l'agriculture sur les changements globaux d'une part, et les contributions que l'agriculture et la sylviculture peuvent apporter face à l'épuisement des ressources naturelles, d'autre part.

La question des ressources en eau mérite une attention particulière en termes d'accès à l'eau pour l'agriculture, d'adaptation des pratiques culturales et des systèmes de culture aux potentialités du milieu et aux ressources en eau, de réduction des impacts de l'agriculture et de l'élevage sur la qualité de l'eau et l'économie de la ressource.

Enfin, l'étude des interactions entre la forêt et la ressource en eau, marquées par de fortes variabilités spatio-temporelles et soumises à d'importants effets d'échelle apparaît essentielle, afin d'optimiser la gestion forestière, en diminuant la consommation nette d'eau par la forêt, au bénéfice des ressources hydriques.

1.3- Intégrer les politiques agricoles, environnementales et territoriales

La capacité des agriculteurs et des éleveurs à satisfaire dans le futur les besoins alimentaires de l'humanité, tout en préservant le potentiel de production et en assurant un équilibre satisfaisant entre les différentes activités du milieu rural, constitue un enjeu majeur.

L'Académie étudie dans ce domaine les interactions, complémentarités et contradictions entre les politiques agricoles, environnementales et territoriales, afin de proposer des évolutions de nature à assurer plus de cohérence et de complémentarité. Elle poursuit ses réflexions sur les agricultures et les forêts en milieux périurbains, l'économie et la sociologie de l'agriculture, en rapport avec la protection de l'environnement, l'entretien des milieux naturels, les dynamiques territoriales, les relations intersectorielles, la responsabilité éventuelle de l'agriculture dans l'érosion, le maintien ou l'amélioration de la diversité biologique.

1.4- Contribuer au débat sur « Innovations et acceptabilité sociale »

L'acceptabilité sociale des innovations techniques dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation ou de l'environnement est cruciale pour la société.

Les décideurs politiques mettent fréquemment en avant le principe de précaution pour interdire la poursuite ou l'exploitation d'innovations qui pourraient être utiles pour répondre aux besoins futurs de la société, alors même que le principe de précaution ne devrait pas être invoqué pour répondre à une réticence sociétale, idéologique ou philosophique.

La préservation de la biodiversité apparaît à beaucoup de nos concitoyens comme une priorité par rapport aux activités économiques en milieu rural et forestier. L'évolution de la perception de la nature mérite d'être approfondie, notamment en termes d'attrait des campagnes pour les urbains, des contraintes qu'elle génère pour les ruraux et des retombées économiques qu'ils peuvent en espérer. De même, le rôle des agriculteurs, et des ruraux au sens large, dans l'entretien de la nature et la fourniture de biens et de services aux urbains doit être mieux étudié, alors même que la réhabilitation de l'image environnementale de l'agriculture est une préoccupation de la profession agricole.

L'Académie poursuit ses réflexions sur les innovations et l'acceptabilité sociétale en déclinant cette thématique à propos de l'alimentation humaine, de l'élevage, de l'éthique de l'animal et des relations homme-animal, des biotechnologies, des nanotechnologies et de la nature.

Il convient de souligner qu'en plus de ces quatre grandes thématiques transversales qui sous-tendent une proportion notable des travaux de l'Académie, chaque section a précisé dans un programme particulier les différents sujets sur lesquels elle s'investit, beaucoup débordant le cadre annuel.

Ce programme de travail a été largement diffusé. En interne, chaque membre de notre Compagnie a ainsi eu connaissance de l'ensemble des travaux entrepris et a pu participer à certains d'entre eux. En externe, il contribue à une meilleure lisibilité de notre travail et à une fréquentation accrue des séances publiques et du site Internet, ainsi qu'à la transformation de certaines de nos propositions en actions.

Il a guidé le choix des séances publiques, autour des thématiques principales retenues.

2- Les séances publiques

En dehors des périodes de vacances académiques, chaque mercredi après-midi est organisée une séance publique, le plus souvent au siège parisien de l'Académie. La Commission des programmes, qui réunit les membres du Bureau et les dix secrétaires de sections, étudie et discute les propositions des sections et arrête le programme des séances, ainsi que leur calendrier.

Entre octobre 2014 et juin 2015, vingt-six séances publiques ont été organisées dont une séance inter-académique et deux séances libres.

La liste de ces séances, regroupées selon les thématiques du programme de travail, et les noms des responsables de leur organisation figurent ci-après.

2.1 - Produire mieux et plus pour nourrir les hommes

- *Les systèmes économes en pesticides*, par Catherine Regnault-Roger et Antoine Messéan
- *Rapport parlementaire sur les pesticides et l'agro-écologie : les champs du possible*, par Dominique Potier.
Séance libre
- *TIC, robotique et télédétection en agriculture : les évolutions récentes*, par Bernard Le Buanec et Patrice Desmarest
- *Génie écologique, maîtrise de l'écologie microbienne et ses applications, acquis et perspectives*, par Jean-Claude Germon et Marc Lalande
- *Détermination du sexe*, par Michel Caboche et Margaret Buckingham (Académie des sciences) et Jeanne Grosclaude (AAF), *séance co-organisée avec l'Académie des sciences*
- *Autour de la ferme de Claude Monnier : une exploitation productive et durable*, par Bernard Le Buanec et Daniel Tessier
- *La pisciculture : une production d'avenir*, par René Lésel
- *La génomique au service de la gestion des truffières*, par Marie-Hélène Esquerré-Tugayé et Francis Martin
- *Les insectes, comme nouvelle source de protéines animales*, par Charles Descoins

- *Gestion de la flore adventice en grande culture et résistance aux herbicides*, par Jean-Louis Bernard
- *La filière bois, filière stratégique nationale*, par Georges-Henri Florentin
- *La dynamique des productions animales en Chine et son impact sur les marchés mondiaux*, par Jean-Paul Jamet
- *Analyse des forces/faiblesses, des atouts/handicaps et des stratégies d'avenir pour les filières agroalimentaires en Bretagne*, par Jean-Claude Guesdon

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

- *Quand les plantes manquent d'eau : écophysiologie et perspectives d'amélioration*, par Bernard Itier
- *Climat et société : évolutions et crises*, par Alain Perrier
- *Des sols forestiers durables pour une gestion forestière durable*, par Jacques Ranger
- *Innover dans la différence : les petits agriculteurs non conventionnels*, par Bernard Roux
- *Surveillance biologique du territoire et biovigilance : outils, actions et bilan*, par Catherine Regnault-Roger, Agnès Ricoch et Marie-Laure Desprez-Loustau
- *La loi sur la biodiversité : contraintes et opportunités*, par Jean-Claude Mounolou et Christian Lévêque

2.3- Intégrer les politiques agricoles, environnementales et territoriales

- *La politique agricole et alimentaire américaine : quels enseignements pour la PAC*, par Gilles Bazin et André Neveu
- *Agriculture, alimentation et territoires : la politique du ministère de l'agriculture*, par Catherine Geslin Lanéelle. *Séance libre*
- *Le secteur forêt-bois en Europe s'organise : objectifs, avancées, perspectives*, par Yves Birot
- *Orientations de la politique de l'alimentation du ministère de l'agriculture*, par Patrick Dehaumont. *Séance libre*
- *Les industries agroalimentaires : des regards stimulants pour un champ stratégique*, par Rémi Toussain
- *La gouvernance paysagère territoriale*, par Pierre Donadieu
- *L'eau, ressource rare*, par Bernard Saugier

2.4- Contribuer au débat sur « Innovations et acceptabilité sociale »

- *Menaces, cohésion sociale et régulation*, par Lucien Bourgeois
- *L'influence de la grande distribution sur les choix alimentaires*, par Pascale Hébel et Hervé This

3 - Les travaux des sections

L'Académie est organisée en dix sections thématiques, qui comprennent des membres titulaires et des membres émérites, des correspondants nationaux et des correspondants nationaux honoraires, des membres associés et des membres correspondants associés étrangers. Leur intitulé et le nom du secrétaire de section pour l'année 2014-2015 figurent ci-après :

- 1- Productions végétales : Catherine Regnault Roger
- 2- Bois et filière bois : Yves Birot
- 3- Productions animales : Jean-Paul Jamet
- 4- Sciences humaines et sociales : Nadine Vivier
- 5- Interactions milieux-êtres vivants : Daniel Tessier
- 6- Sciences de la vie : Dominique Job
- 7- Environnement et territoires : Alain Perrier puis Denis Couvet
- 8- Alimentation humaine : Hervé This
- 9- Agrofournitures : Jean-Louis Bernard
- 10- Economie et politique : André Neveu puis Lucien Bourgeois

Les sections ont conduit des réflexions internes en associant souvent des intervenants extérieurs sur des sujets d'actualité de leurs domaines de compétences. Cela leur a permis de préparer et d'organiser des séances publiques, de proposer des avis et des rapports publiés sur le site Internet de l'Académie. Les sections se sont largement investies dans les groupes de travail transversaux. Conformément à leurs attributions, elles proposent des récompenses (prix scientifiques et médailles), notamment pour des travaux de recherche, d'administration de la recherche ou des mémoires de fin d'études, ainsi que des bourses de recherche. Elles participent à la préparation du recrutement de nouveaux membres en vue des élections annuelles, afin de pourvoir à la vacance de membres titulaires ou de correspondants nationaux, français et étrangers.

Parmi les thèmes particuliers abordés dans les sections au cours de l'année académique 2014-2015, peuvent être cités notamment, regroupés selon les thématiques du programme de travail:

- Produire mieux et plus pour nourrir les hommes

- *Impacts des innovations variétales* (section 1)
- *Phytopathologies et grandes cultures* (section 1)
- *Les biotechnologies végétales* (section 1)
- *Les réseaux d'innovation et de transfert agricole dans les DOM* (section 1)
- *L'innovation variétale en arboriculture* (section 1)
- *L'amélioration génétique de la canne à sucre* (section 1)
- *Les outils de sélection en élevage équin* (section 3)
- *L'agriculture familiale* (section 4)
- *L'ancrage des systèmes agro-alimentaires dans les territoires* (section 4)
- *Les mélanges de pesticides* (section 5)
- *La transgénèse du ver à soie* (section 6)
- *Les maladies des agrumes* (section 6)
- *L'apport de la recherche dans le développement de l'agro-écologie* (section 6)
- *De l'écologie à la biologie marine* (section 6)
- *L'évolution de la mécanisation de l'agriculture* (section 9)
- *Protection intégrée des plantes cultivées* (section 9)
- *Le modèle économique breton* (section 10)
- *L'agriculture non conventionnelle* (section 10)

- Adapter la gestion des écosystèmes agricoles et forestiers pour accompagner les changements globaux

- *Gestion des systèmes forestiers et stockage du CO², forêts et atténuation du changement climatique* (section 2)
- *Mécanique de l'arbre sur pied* (section 2)
- *Les variétés forestières améliorées* (section 2)

- *Les méthodes de comptabilisation du carbone en France, dans le contexte des négociations internationales* (section 2)
- *La combustion du bois et la pollution de l'air* (section 2)
- *L'état de l'environnement en Europe* (section 5)
- *L'évolution des plantes* (section 6)
- *Climat, agriculture et forêts* (sections 2 et 7)

- Intégrer les politiques agricoles, environnementales et territoriales

- *Le réseau mondial de réserves de biosphère* (section 2)
- *L'eau et la forêt* (section 2)
- *Penser le rural : regards des sciences humaines et sociales* (section 4)
- *Les agricultures non-conventionnelles* (sections 4 et 10)
- *La diversité naturelle* (section 6)
- *Ecologie urbaine et métropole soutenable* (section 7)
- *Trames vertes et bleues* (section 7)
- *Biocontrôle* (section 9)

- Contribuer au débat sur « Innovations et acceptabilité sociale »

- *Ethique des relations homme-animal* (section 3)
- *Sécurité alimentaire et innovation sociale* (section 4)
- *Scientifiques et société* (section 4)
- *L'information nutritionnelle* (section 8)
- *Les aliments prétendument naturels* (section 8)
- *L'éducation à l'alimentation* (section 8)
- *L'antibiorésistance* (section 9)
- *Philosophie des normes* (section 9)

4 - Les colloques et les conférences

Plusieurs colloques ont été organisés :

- *Les systèmes agroforestiers permettent-ils de fonder un développement agricole durable*, coordonné par Bernard Le Buanec et Yves Birot
- *Le cinquantième anniversaire des recherches de l'INRA sur l'eau et la forêt*, colloque organisé conjointement avec l'INRA par Yves Birot et Jean-Marc Guehl
- *La reproduction équine* par Eric Palmer et Pierre del Porto
- *L'influence des bassins versants sur les eaux marines*, organisé conjointement avec le Groupe inter-académique pour le développement par Jacques Brulhet
- *Scientifiques en société, la recherche entre autonomie, implication et responsabilité*, organisé conjointement avec la Direction générale de l'enseignement et de la recherche et l'INRA par Brigitte Laquière
- *Les animaux dans la grande guerre*, organisé conjointement avec l'AEHA et la Société d'ethnozootechnie par Etienne Verrier
- *Utilisation du potentiel biologique des sols, un atout pour la production agricole* par Daniel Tessier
- *Devenir métropole soutenable, des stratégies territoriales partagées*, avec la participation de Rennes Métropole par Pierre Thivend et Alain Perrier

A l'initiative de la section 6, des conférences ont été organisés, sous le vocable général « *Aux frontières de la connaissance* » :

- *La sélection génomique chez les bovins laitiers*, par Denis Boichard
- *La méiose et la recombinaison méiotique*, par Mathilde Grelon et Daniel Vezon
- *La régulation de la réponse immunitaire innée par l'ARN interférence*, par Lionel Navarro
- *Contrôle génétique et moléculaire du développement de la graine*, par Loïc Lepiniec
- *Génétique fonctionnelle et évolutive et les mécanismes adaptatifs des pucerons*, par Denis Tagu
- *Cytogénétique 3D chez le porc. Les gènes impliqués dans les anomalies*, par Martine Bouissou-Matet Yerle
- *Contrôle métabolique et coopérativité des enzymes. Adaptation des êtres vivants aux variations environnementales*, par Athel Cornish-Bowden
- *Ressources génétiques forestières et adaptation des forêts aux changements climatiques*, par François Lefèvre

5 - Les travaux des groupes de réflexion et de proposition

Dix-sept groupes de travail ont été actifs en 2014-2015. Certains sont internes à une section, mais la majorité mobilise plusieurs sections, enfin certains sont inter-académiques et intègrent des personnalités extérieures à l'Académie. Ils conduisent des réflexions qui aboutissent généralement à la publication de rapports, d'avis, d'ouvrages ou à l'organisation de séances publiques. La liste et les noms des responsables figurent ci-après :

- Les groupes thématiques

- *Eau et sécheresse* : Bernard Saugier
- *Agriculture biologique* : Bernard Le Buanec
- *Biocontrôle* : Jean-Louis Bernard
- *Plantes génétiquement modifiées* : Jean-Claude Pernollet
- *Animal et éthique* : Bernard Denis
- *Potentiels de la science pour une agriculture durable* : Jean-Claude Pernollet
- *Politique agricole commune* : Gilles Bazin et Michel Jacquot
- *Agriculture, filières et sécurité alimentaire* : Jean-Louis Rastoin
- *Relations Académie/Enseignement supérieur agronomique* : Michel Candau
- *International* : Bernard Bourget
- *Produits biosourcés et chimie végétale* : Jean-François Morot-Gaudry
- *Gaspillage alimentaire* : Patrice Robichon
- *Sols* : Christian Valentin
- *Climat et agriculture* : Katia Laval

- Les groupes liés au fonctionnement de l'Académie :

- *Communication* : Jean-François Colomer
- *Sorties et manifestations* : Christian Maréchal
- *Relations Académie/4AF* : Patrice Desmarests

Quelques points saillants méritent d'être rappelés pour cette année 2014-2015 :

- **le groupe « Potentiels de la science pour l'avenir de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement »** a produit trente articles scientifiques et technologiques, mis sur le site Internet de l'Académie. Plusieurs ont été publiés dans la rubrique « Futurs » de la Revue de l'Académie. Ils apportent une importante contribution à la connaissance des découvertes les plus récentes dont les applications seront des éléments essentiels des progrès de l'agriculture et de la sylviculture de demain, pour améliorer la production et l'alimentation, dans un contexte de durabilité. Le groupe, dont la composition doit être renouvelée, va poursuivre ses travaux ;

- **le groupe « *Plantes génétiquement modifiées* »**, composé d'une vingtaine d'académiciens de disciplines très variées, a étudié la création et l'homologation des PGM, leur impact sur l'environnement et sur les conduites agricoles dans les pays industrialisés, comme dans les pays en développement, les conséquences pour l'Europe qui doit s'adapter au refus de ses citoyens, les extraordinaires progrès en devenir, immédiats et à long terme (résistances aux stress biotiques et abiotiques, améliorations nutritionnelle...).

Pour rendre le dossier plus accessible aux profanes, un document consensuel, propre à l'Académie d'Agriculture qui résulte des réflexions du groupe de travail, a été rédigé sous forme de 10 questions-réponses précédées par une synthèse et complétées par 12 textes d'approfondissement rédigés par des spécialistes sous leur signature. L'ensemble a été mis en ligne sur le site de l'Académie. Les questions-réponses et la synthèse ont fait l'objet de la publication d'un livre aux éditions QUAE, dans la collection *Enjeux-Sciences*. Le groupe qui a achevé son très important travail, pourrait reprendre des réflexions sur les biotechnologies ;

- **le groupe « *Ethique de l'animal* »**, qui associe des membres de l'Académie vétérinaire, a achevé ses travaux (qui se sont poursuivis sur plus de quatre années) sur la définition de l'animal, les animaux de ferme, l'expérimentation animale, en mettant en relief l'éthique appliquée concernant les relations homme-animal. Un ouvrage devrait être publié prochainement ;

- **le groupe « *Biocontrôle* »** a entrepris des travaux sur les moyens du biocontrôle en agriculture et leur mise en œuvre pour les cultures de la vigne, du maïs, du colza et du bananier. Il évalue les perspectives d'adoption concrète de ces moyens ;

- **le groupe « *Antibiorésistance* »** a participé à l'élaboration d'un avis commun des académies Vétérinaire, de Pharmacie, de Médecine et d'Agriculture sur les implications nationales et internationales de la résistance des bactéries aux antibiotiques, avis transmis aux ministères concernés, dont le ministère de l'agriculture qui en a apprécié le contenu ;

- **le groupe « *Sécurité alimentaire* »** étudie les tendances de la consommation alimentaire, la sûreté alimentaire et les comportements des consommateurs, les innovations dans les filières au service de la sécurité alimentaire ;

- **le groupe « *Académie/Enseignement supérieur agricole* »**, vise à faire connaître l'Académie auprès des étudiants et des enseignants chercheurs, les prix et les bourses susceptibles de leur être attribués et à les associer aux travaux de l'Académie, en leur permettant notamment d'y présenter leurs travaux scientifiques. Il a diffusé une lettre d'information semestrielle, relayée par un mensuel électronique de l'Académie (MEA). L'opération « notes de recherche » permet à des jeunes chercheurs, en thèse ou ayant soutenu leur thèse et à des ingénieurs en fin d'études, de faire connaître leur travaux sur le site Internet de l'Académie après avis favorable d'un académicien référent, choisi par l'intéressé ou par l'Académie. Le parrainage d'étudiants par des académiciens est en cours de mise en place. Enfin, le groupe envisage d'organiser des colloques régionaux sur des thèmes d'intérêt commun, dont la synthèse et la valorisation seraient effectuées lors d'un colloque national ;

- **le groupe « *Sols* »** mobilise des compétences disciplinaires très diverses de différentes sections pour émettre des recommandations de l'Académie d'Agriculture aux pouvoirs publics et aux différentes parties prenantes, tant dans le domaine de la recherche et de l'enseignement sur les sols que dans celui des décisions politiques. Il vise également à sensibiliser le grand public aux enjeux sociétaux liés aux sols. Il a pour premier objectif, la rédaction d'un cahier pour la Revue de l'Académie qui comprendra trois articles : *Pressions sur les sols : quels enjeux ?*, *Vers une nouvelle ingénierie écologique des sols*, *Vers une gouvernance territoriale : qualité des sols et démarches d'évaluation* et trois encarts : *A quoi servent les sols*, *Effets des sols sur le climat*, *Effets du climat sur les sols*.

Il prépare une réunion de controverse « *Des sols pour demain, pour qui, pour quoi ?* » ;

- **le groupe « *Climat, agriculture, forêt* »**, a été constitué pour apporter une contribution aux réflexions liées au changement climatique, dans le cadre de la COP 21. Il s'agit de faire le point sur les moyens d'anticiper les difficultés à venir de l'agriculture et de la forêt, et de déterminer les stratégies

capables de les résoudre ou de les amoindrir. Et, partant, d'analyser les politiques d'adaptation, mais aussi d'atténuation qu'il paraît souhaitable de mettre en œuvre. Enfin, l'objectif est aussi d'analyser les services écosystémiques que peut fournir la biodiversité, en complète interaction avec les problématiques de la production agricole, et du climat ;

- le groupe « *Communication* » a poursuivi l'audition d'experts extérieurs afin de tirer parti des expériences réussies en termes de communication. Il s'est également intéressé au contenu de la nouvelle Revue, de la Lettre et du mensuel électronique de l'Académie qui seront évoquées plus loin. Il a été associé à l'élaboration d'une plaquette de présentation de l'Académie.

6- Les outils de communication

Les Comptes Rendus de l'Académie qui rassemblent les communications faites lors des séances publiques, ainsi que les échanges avec l'auditoire, sont publiés uniquement sur le site Internet de l'Académie. Ils continuent à être référencés par année et volume. Par ailleurs, la collection complète des Comptes Rendus de l'Académie, depuis sa création en 1761, a été confiée à la Bibliothèque nationale de France, qui les a numérisés. Ils sont accessibles au public sur son site *Gallica* et téléchargeables à partir du site de l'Académie.

Les séances publiques, dorénavant filmées, peuvent être suivies, en direct ou en différé, sur le site de l'Académie.

La Revue de l'Académie, est la seule publication sur support papier de notre Compagnie. Revue de prestige, publiée trois fois par an, éditée en quadrichromie, elle est destinée à faire connaître à l'extérieur les travaux et les activités de l'Académie. Elle est adressée gratuitement à tous les partenaires que l'Académie souhaite sensibiliser à ses travaux, ainsi qu'aux membres de l'Académie. Elle comprend notamment des informations sur l'actualité et les temps forts de l'Académie, une tribune libre, un dossier central autour d'un thème traité par un groupe de travail ou lors d'une séance publique, une rubrique « Futurs » et une rubrique « Histoire ». Afin d'assurer le financement intégral de son édition et de son routage, elle comporte du publi-rédactionnel et de la publicité. L'Académie a signé un contrat avec une régie publicitaire qui assure la prospection des annonceurs ainsi que le maquetage de la revue, son édition et sa diffusion. Il convient de remercier Jean-François Colomer, responsable du groupe « *Communication* », d'assurer la fonction de rédacteur en chef de cette revue.

La Lettre de l'Académie, vecteur de communication interne, était jusqu'alors publiée trimestriellement. Cette lettre permet de diffuser le calendrier des activités ainsi que des libres opinions des membres. Elle a été remplacée depuis février 2014 par une lettre d'information nouvelle, illustrée et en couleurs, diffusée uniquement via Internet, tous les deux mois. Sa présentation attrayante et aérée, la signature de chaque article avec le portrait de son rédacteur, ont suscité beaucoup de vocations d'écriture et son volume oscille entre douze et vingt pages ! Il convient de remercier Alain Bernard qui a accepté d'en assurer gracieusement la réalisation, avec le concours de Christian Férault pour la recherche des articles.

L'annuaire de l'Académie a été entièrement revu et enrichi. Il constitue un outil précieux pour maintenir des contacts entre académiciens ou en nouer avec les nouveaux membres élus, et pour permettre à nos partenaires extérieurs d'identifier tous les membres de notre Compagnie et de pouvoir correspondre avec eux.

Le site Internet (www.academie-ariculture.fr) a été entièrement redessiné et est opérationnel dans sa nouvelle configuration depuis la fin de l'année 2013. Il rassemble la totalité des informations sur les actualités de l'Académie, ses publications (rapports, avis, notes de synthèse, notes de recherche, lettre d'information, revue). Il permet de diffuser de l'information hors de l'Académie et facilite les échanges entre les académiciens, notamment hors de l'Île-de-France.

Le mensuel électronique de l'Académie permet d'informer sur les activités, la production, les événements, les réflexions et avis de l'Académie. Diffusé via un réseau d'une vingtaine de correspondants régionaux, d'UNIAGRO et dorénavant d'Agrisalon, le lectorat potentiel est de 15 000 personnes. Le public visé comprend les étudiants de troisième année d'écoles d'ingénieurs, de masters 2, de doctorants, d'enseignants et de chercheurs. Le contenu, adapté à ces cibles comprend, en plus des informations générales

sur l'actualité de l'Académie, des notes de recherche, des analyses de thèses et d'ouvrages, des articles scientifiques, des articles de synthèse sur des séances, des colloques...

La publication d'ouvrages, aboutissement possible des réflexions d'un groupe de travail. Après la publication d'un livre remarqué « *Le tout bio est-il possible ?* » aboutissement des travaux du groupe « *Agriculture biologique* » et d'un autre sur « *Les plantes génétiquement modifiées* », émanant du groupe de travail sur les PGM, tous deux publiés aux éditions Quaë, la section forêt prépare un ouvrage sous le titre « *La forêt et le bois en 100 questions* », une quarantaine de fiches déjà réalisées ayant été mises sur le site Internet. Un ouvrage sur « *L'éthique des relations homme-animal* », émanant du groupe de travail inter-académique éponyme, est en cours de finalisation.

Une réflexion a par ailleurs été engagée sur l'élaboration de petits livres de l'Académie, sous son logo, et s'inscrivant dans des collections existantes d'éditeurs, permettant de valoriser des travaux de groupes de travail, de sections ou de séances publiques.

7- Sorties et visites

Sous l'impulsion de Christian Maréchal, assisté de Claude Sultana, des sorties et des visites sont organisées et suivies par des confrères intéressés par une bonne connaissance des entreprises et des organismes partenaires de la recherche et de l'enseignement. Elles permettent également de mieux faire connaître à des acteurs extérieurs, notre Compagnie et ses travaux. Plusieurs sections participent dorénavant à l'organisation de ces sorties.

Au cours de l'année 2014-2015 cinq visites ont été organisées :

- une entreprise de teillage en Normandie, le 6 novembre 2014 : rencontre avec des industriels, à Bosc Nouvel (rouissage, pratiques de récolte, stockage) et visite de l'entreprise Dehondt à Notre-Dame de Gravenchon, autour des machines de récolte du lin et des nouveaux usages des fibres de lin ;
- le Salon international du machinisme agricole, le 28 février 2015 ;
- le groupe Lefevbre dans la région de Dieppe, le 14 avril 2015 : visite de forêt, exploitation, transformation, nouveaux usages du hêtre ;
- la ferme de Gally (78), le 19 mai 2015 : autour de l'agriculture périurbaine, diversification des productions, circuits courts, services, ferme pédagogique, agriculture urbaine en économie circulaire ;
- le centre INRA de Lusignan (86), le 25 juin 2015 : système d'observation et d'expérimentation de recherche en environnement, agrosystèmes, cycles biogéochimiques et biodiversité.

8- Les finances et les moyens

Les finances de l'Académie demeurent très contraintes.

Ses ressources proviennent principalement :

- De dons et dotations de structures externes (Ministère de l'Agriculture, INRA, Crédit Agricole, Crédit Mutuel, Groupama, Fondation Xavier Bernard, Association des Amis de l'AAF, AEHA) ; malheureusement, certaines ne sont pas réévaluées en dépit de l'inflation. L'Académie tient néanmoins à remercier tous ses partenaires pour la fidélité de leur soutien, et pour la confiance qu'ils lui manifestent ainsi.
- D'une nouvelle contribution financière de 76 000 € provenant de Crédit Agricole Île-de-France Mécénat. Sur cette somme, 45 000 € sont affectés de 2014 à 2018 aux *Bourses Dufrenoy* qui deviennent *Bourses Dufrenoy-Crédit Agricole Île-de-France Mécénat*, et 31 000 € ont été dédiés au début de 2015 à l'installation de bibliothèques, de vitrines et d'aménagements destinés à sauvegarder et à mettre en valeur une partie du patrimoine jusqu'alors conservé dans la cave. L'Académie renouvelle ses remerciements à ce généreux mécène.
- De la location de nos salles.
- Des revenus nets de nos deux forêts (ventes de bois et droits de chasse, minorés des frais et travaux liés aux forêts). Ces revenus sont toutefois modestes eu égard au capital immobilisé, et en dépit d'une gestion dynamique assurée par l'Office National des Forêts.
- Des revenus des placements financiers, dont la majorité provient du legs Dufrenoy.

Un revenu additionnel, non comptabilisé, est la valorisation de tout le travail bénévole accompli par de nombreux académiciens : Bureau, Secrétaires de Sections, responsables de Groupes de travail, et plus généralement tous ceux qui organisent des manifestations ou contribuent au renom de l'Académie par leurs écrits et interventions.

Les charges de l'Académie sont principalement constituées des frais de personnel, des diverses charges usuelles de fonctionnement d'une structure (électricité, chauffage, poste, téléphone, informatique, photocopies, etc.), auxquelles s'ajoutent les charges de maintenance de l'immeuble et le versement de prix et bourses. Toutes ces dépenses sont strictement encadrées ; en particulier, les frais de déplacement des membres ne leur sont pas remboursés.

Cet ensemble conduit à un budget annuel de l'ordre de 300 000 €, dans lequel – sur les cinq dernières années – la ligne "*Résultat d'Exploitation*" est ressortie négative de 40 K€ en moyenne annuelle, ce résultat intégrant les revenus nets des forêts. L'Académie vit donc en puisant dans ses réserves, ou en consommant ses produits financiers, donc en ne faisant pas fructifier assez son capital.

L'Académie se doit donc de trouver de nouvelles ressources, non seulement pour assurer durablement son fonctionnement et préserver son patrimoine, mais aussi pour être en mesure de financer des actions contribuant à améliorer sa visibilité et sa notoriété.

Aussi a-t-il été demandé aux sections de s'efforcer de trouver de telles ressources additionnelles, par exemple en organisant des colloques dégageant de véritables recettes nettes ; modeste en 2014, mais déjà significative par son symbole, cette orientation devrait prendre de l'ampleur en 2015. Néanmoins, elle ne suffira vraisemblablement pas à combler le déficit récurrent, aussi la question de la mise en place d'une cotisation des membres se pose, et c'est d'ailleurs dans ce sens que se sont exprimées plusieurs sections lors d'un séminaire de réflexion organisé sur ce thème, en mars dernier.

9- Le plan d'actions

Afin de mieux faire connaître les travaux de l'Académie d'agriculture et de les valoriser, d'améliorer sa notoriété et son utilité sociale, l'Académie d'agriculture a engagé une réflexion sur les objectifs et les cibles à atteindre et les moyens à mettre en œuvre, afin d'y parvenir.

Les **objectifs** peuvent se résumer comme suit :

- **être écoutés par l'État** : il s'agit de nouer des relations avec les ministères proches (Agriculture, Ecologie, Enseignement et recherche, Economie et industrie, Affaires étrangères), au niveau des cabinets et des directions générales, afin de connaître leurs besoins et de leur fournir des avis et des rapports qui éclairent les décisions qui doivent être prises pour la définition, le suivi de la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques, dans les domaines de compétence de l'Académie. Au cours de l'année écoulée, le dialogue a été engagé avec *la direction générale de l'alimentation, la direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et des territoires* du ministère de l'agriculture et *la direction générale de l'urbanisme, du logement et de la nature* du ministère de l'écologie, et un colloque organisé à la demande de *la direction générale de l'enseignement et de la recherche*. Ces nouvelles relations devraient déboucher sur des commandes d'études rémunérées, qui viendraient opportunément abonder les ressources de l'Académie ;

- **être écoutés par les grands élus** : il conviendrait d'être audité par les commissions et les groupes de travail des assemblées, afin d'apporter l'expertise de l'Académie dans le cadre de l'élaboration des rapports parlementaires ou de la préparation de dispositions législatives ;

- **être crédibles auprès des entreprises** : il s'agit d'appuyer les actions engagées par l'Association des amis de l'Académie d'agriculture (4AF), afin de répondre à des besoins exprimés par les entreprises par des études ou des avis répondant à des commandes, et générant des ressources pour l'association. Un chargé de mission a été désigné pour étudier avec 4AF les moyens de développer des relations avec les entreprises (petits déjeuners, colloques, groupes de travail, conférences...) ;

- **être un relais recherché par les universitaires et les chercheurs** : la mise en œuvre des mesures préconisées par le groupe de travail *Académie/Enseignement supérieur agronomique* se fait activement et reçoit un accueil très favorable des intéressés ;

- **créer un partenariat avec le Conseil économique, social et environnemental**, afin que les avis de l'Académie soient pris en compte par cette instance de réflexion ;

- **développer un partenariat avec l'Assemblée permanente des chambres d'agriculture**, relais essentiel du développement agricole, auquel l'Académie pourrait apporter son concours.

Les **moyens** à mettre en œuvre sont les suivants :

- **cibler les recrutements de nouveaux académiciens**, afin de disposer de toutes les compétences nécessaires à l'accomplissement des missions et dont la notoriété participe à celle de l'Académie ;

- **veiller à l'engagement des membres dans les groupes de travail et l'accomplissement des tâches collectives**, avec une assiduité réelle ;

- **instituer des relais territoriaux**, afin de mobiliser les académiciens en province, de faire connaître l'Académie, d'organiser des conférences et des colloques avec des partenaires locaux, organiser des visites en province. Les premiers viennent d'être créés et un coordonnateur désigné ;

- **participer à des réunions à l'étranger**, et notamment à des colloques internationaux ;

- **valoriser la bibliothèque et le riche fonds documentaire de l'Académie**, ce qui passe par la numérisation de l'ensemble des documents et la création d'un fichier consultable en ligne. La sauvegarde des documents précieux conservés de manière précaire dans une cave inondable a été entreprise par la construction de bibliothèques financées grâce à la fondation Crédit Agricole Ile-de-France mécénat ;

- **mettre en place un plan de communication**, avec l'aide d'un membre compétent en la matière de nature à être à l'écoute et réactif auprès des décideurs, des professionnels et des médias ciblés, grâce à des listings à jour, et les alimenter par des messages réguliers ;

- **consolider les relations avec trois partenaires réguliers** : Crédit Agricole SA, Crédit Mutuel et Groupama, afin de leur fournir des prestations en échange de financements ;

- **mobiliser les sections pour faire connaître l'académie** dans les réseaux socioprofessionnels de leurs membres ;

- **lancer des campagnes de dons et de legs**, afin de financer des actions ciblées.

B- LES PERSPECTIVES POUR 2015-2016

1- L'actualisation du programme de travail

Le cadrage par grands thèmes, opéré en 2012 et reconduit en 2014-2015, reste adapté, même si les priorités ont évolué à l'intérieur de ces thèmes pour intégrer les grandes questions d'actualité. C'est ainsi que plusieurs préoccupations deviennent dominantes : les effets du changement climatique, les relations entre territoires et types d'agriculture ou élevage, les questions d'acceptabilité sociétale des innovations et des pratiques agricoles, la biodiversité, les modes de diffusion des connaissances, ainsi que le besoin d'approfondir certains concepts scientifiques. Tous ces thèmes s'intègrent dans les quatre axes précédemment définis, mais il a paru nécessaire de distinguer deux nouveaux axes, « *Diffusion des connaissances* » et « *Approfondissement de concepts* ».

1.1- Produire mieux et plus pour nourrir les hommes

Cet axe est décliné au niveau de la production elle-même (conditions de culture, conservation des sols) et au niveau de la qualité de l'alimentation qui en résulte. Tout particulièrement l'emploi des phytosanitaires et leur impact en alimentation seront étudiés. Sont prévus, dans ce domaine, les travaux suivants :

- Conserver la qualité des sols, garante de la sécurité alimentaire future ; approche intégrée de l'activité, de la structure et de la dynamique des communautés du vivant (plantes, microorganismes, faune) afin de mieux piloter l'utilisation des ressources nutritives, de l'eau et de maîtriser les pollutions (section 5).
- Approche moléculaire des interactions entre système racinaire des plantes et microorganismes telluriques ; pilotage biotechnologique des symbioses pour améliorer la croissance des plantes, la protection des cultures, les rendements tout en réduisant les intrants (section 6).
- Recyclage des éléments minéraux majeurs rares, étude de leur biodisponibilité en fonction du contexte biogéochimique (section 5).
- Bilan des cinq séances consacrées à l'emploi des phytosanitaires, et poursuite des réflexions dans la perspective des objectifs à atteindre en 2018, compte-tenu du point d'étape mitigé du plan Ecophyto. Réflexion sur les bonnes pratiques phytosanitaires (Section 1).
- Exposition des populations aux résidus de produits phytosanitaires (sections 1, 5, 8 et 9).
- Le point sur la lutte biologique (section 1).
- Définition, moyens et perspectives du bio-contrôle (groupe de travail piloté par la section 9, en lien avec la section 1, avec objectif de rapport pour fin 2015).
- Mycotoxines, alcaloïdes et contaminants naturels présents dans les végétaux (section 1).
- Préparation d'un colloque inter-académique sur l'antibiorésistance « *Antibiotiques, antibiorésistance et environnement* ». Contributions sur les moyens permettant de limiter la dispersion des bactéries pathogènes porteuses de gènes de résistance, de minimiser les risques de pollution par les antibiotiques en relation avec les épandages de matières organiques issues de l'élevage, sur les pratiques de l'aquaculture et de la méthanisation (sections 3, 6 et 9).
- Effets de l'exposition à des composés présents dans l'environnement et additifs volontairement intégrés aux aliments (Section 8).
- L'alimentation périnatale et les fenêtres d'exposition à des composés présents dans l'environnement (section 8).
- Part des protéines végétales dans l'alimentation ; effets épi-génétiques du régime alimentaire (section 8).
- Rôle de la sélection variétale, du développement de la robotique, des échanges internationaux sur la qualité des aliments (section 8).
- Applications du séquençage génomique de plantes tropicales pérennes d'importance économique majeure (cacaoyer, caféier, palmier à huile) : préservation de la biodiversité intra-espèce, amélioration de la résistance aux maladies et de la qualité gustative et nutritive des produits (section 1).
- Réflexion prospective sur l'évolution de la mécanisation de l'agriculture (section 9).
- Mécanismes et causes de l'effondrement des populations d'insectes pollinisateurs (section 6).
- Préparation d'une conférence internationale sur les aspects scientifiques du développement agricole, susceptible de déboucher sur une initiative pour la sécurité alimentaire mondiale (sections 4 et 10).

Groupe de travail sur le gaspillage alimentaire : publication d'une note définissant le gaspillage et chiffrant les quantités correspondantes (fin 2015).

Groupe de travail sur la sécurité alimentaire : conclusions présentées en octobre 2015 (section 10).

Groupe de travail « Produits bio-sourcés » : rapport de conclusion prévu au quatrième trimestre 2015.

1.2- Accompagner les changements globaux par une gestion adaptée des écosystèmes agricoles et forestiers.

L'ensemble des productions forestières, végétales et animales est concerné par les enjeux du changement climatique. Dans le souci de s'associer aux réflexions de la COP 21 plusieurs sections ont intégré ces préoccupations dans leur plan de travail. Il est à souligner que l'ensemble des sections qui se sont saisies du sujet se placent dans la perspective de réguler la contribution anthropique au réchauffement climatique, notamment par les pratiques agricoles. Sont prévus, dans ce domaine, les travaux suivants :

- Contributions du secteur forêt-filière bois à une économie décarbonée et soutenable, visant l'atténuation du changement climatique (section 2).
- Rémunération des services écologiques rendus par les forêts : préalables, difficultés et écueils (section 2).
- Nouveaux risques pour la santé des forêts induits par les changements globaux (section 2).
- Adapter la gestion des agro-écosystèmes cultivés pour réduire les impacts environnementaux et accroître leur résilience face aux changements globaux (section 5).
- Maîtrise de l'énergie dépensée par l'ensemble des pratiques agronomiques (sections 5 et 9).
- Liens entre l'agriculture, les forêts et le climat, en référence à la COP21 (section 7).
- Résilience des animaux face au changement climatique (section 3).
- Le comportement des animaux en situation de fort stress (section 3).
- Réflexion sur les normes alimentaires en alimentation animale : comment évaluer l'impact climatique d'une ration alimentaire ? (section 3).

1.3- Intégrer les politiques agricoles, environnementales et territoriales

Sans négliger les dimensions mondiale et européenne des politiques agricoles, l'attention se porte aujourd'hui sur l'échelle des territoires, des actions et des productions locales. Sont prévus, dans ce domaine, les travaux suivants :

- Organisation de trois colloques en région sur *les nouvelles dynamiques territoriales comme chance pour l'élevage* (septembre à octobre 2015, au sein des évènements SPACE de Rennes, Sommet de l'élevage de Clermont-Ferrand et Agrimax de Metz), et *les liens entre la demande des nouvelles métropoles et l'offre des productions locales des zones rurales*. Synthèse nationale au Palais du Luxembourg (13 novembre 2015). Poursuite de la réflexion sur les solutions et leviers d'action émergeant de ces débats pour un élevage durable et accepté par la société (Section 3).
- Renforcement de l'adéquation entre offre et demande alimentaire locales. Equilibres entre un système alimentaire mondialisé et des systèmes alimentaires territorialisés, pour une alimentation responsable et durable favorable à la gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement, la promotion d'activités économiques locales et le développement territorial, la création d'emplois (Section 4, et Groupe de travail sur la sécurité alimentaire).
- La compétition pour l'utilisation des territoires entre urbanisation et activités agricoles (Sections 5 et 7).
- Poursuite de la réflexion sur les agricultures « non conventionnelles » (Section 10)
- Réflexion sur les questions spécifiques au développement agricole des Départements et Collectivités d'Outre-Mer (section 1).
- Le point sur l'Accord transatlantique et son impact sur les échanges mondiaux de produits agricoles (Section 10).
- L'emploi dans l'ensemble de la filière alimentaire et la place de l'emploi agricole dans les économies des territoires (Section 10).
- Etude prospective de deux filières végétales : les plantes ornementales et la filière fruits et légumes (section 1).
- Rôle et positionnement des interprofessions dans l'organisation économique (Section 10)

1.4- Contribuer au débat sur l'innovation et l'acceptabilité sociétale des pratiques agricoles

L'Académie d'Agriculture de France, dont la mission, énoncée dans ses statuts, est d'*éclairer la décision publique et la société sur les évolutions de l'agriculture, de ses pratiques, de son impact environnemental*, est particulièrement attentive à des incompréhensions ou à des demandes nouvelles émanant de nos concitoyens. La plupart des sections souhaitent intervenir dans les questions soulevées par l'actualité. Sont prévus, dans ce domaine, les travaux suivants :

- Identification de la demande sociétale actuelle sur les forêts (Section 2).
- Construction d'un avis sur la combustion du bois et ses conséquences sur la pollution de l'air et la santé humaine (Section 2).
- Intégration d'une politique volontariste de reboisement dans l'aménagement du territoire et acceptabilité sociétale de cette politique (Section 2).
- Publication du travail de cinq années sur *l'Éthique des relations Homme Animal* (en collaboration avec l'Académie Vétérinaire). Poursuite de la réflexion sur l'éthique de l'Élevage (Section 3).
- Clarification du rôle des sciences de l'homme et de la société dans l'appréhension des questions d'éthique et leur prise en compte dans la stratégie et la communication des entreprises et des organisations des domaines de l'agriculture, des biotechnologies, des sciences et techniques agroalimentaires (Section 4).
- Éthique de l'utilisation du vivant : comment respecter les relations entre les hommes et les autres êtres vivants sans pour autant renoncer à en attendre biens et services ? (Section 4).
- Le point sur les connaissances actuelles en éthologie animale (hors animaux domestiques) afin de contribuer à « une éthique animale environnementale » (Section 7).
- En matière d'alimentation et de nutrition, contribuer à distribuer des faits justes, afin que les citoyens disposent de telles informations pour en faire la base de leurs raisonnements et comportements (Section 8).
- Le rôle des réseaux sociaux en agriculture et leur influence sur la manière de travailler (Section 9).
- Rédaction d'un avis de l'Académie sur le projet de loi sur la biodiversité (préparation par les sections 6 et 7 à la suite de la séance publique du 27 mai 2015).
- Réflexion sur les fondements scientifiques de l'agro-écologie afin d'éclairer le débat sociétal (section 6).

1.5- Diffusion des connaissances

Devançant les interrogations de la société, l'Académie diffusera des ouvrages issus des réflexions collectives de ses membres sur des sujets d'actualité ou des aspects prospectifs. Sont prévus, dans ce domaine, les travaux suivants :

- Initiation de la rédaction d'un ouvrage (éventuellement inter-académique) sur les pesticides, la santé et l'environnement (2016-2017) (Section 1).
- Poursuite et achèvement de l'ouvrage collectif à visée grand public constitué d'une centaine de fiches organisées en questions/réponses : « *La forêt et le bois en France en 100 questions* », consultable en ligne sur le site de l'Académie et référencé sous Google (Section 2).
- Mise au point sur les méthodes de comptabilité carbone pour le secteur forêt-bois (Section 2).
- Parution de l'ouvrage collectif (Académie d'Agriculture et Académie Vétérinaire) sur « *L'Éthique des relations Homme-Animal* » (troisième trimestre 2015) (Section 3).
- Reprise des rédactions d'articles sur les *Potentiels de la Science pour une Agriculture Durable* (Section 6).
- Poursuite de l'audition de scientifiques extérieurs à l'Académie pour faire le point sur les grandes avancées fondamentales dans les sciences du vivant et leurs applications potentielles (section 6).
- Rédaction d'un livre « L'alimentation en questions », embrassant l'ensemble des questions que les citoyens se posent à propos de leur alimentation (Section 8).
- Construction d'un numéro historique (le « numéro 100 », numéro hors-série comportant une quarantaine d'articles) des Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, synthétisant les

apports de l'Académie ou de certains académiciens à de grandes évolutions techniques en agriculture. Par exemple : rédaction de trois articles sur les oléagineux, la filière lin et l'optimisation de la fertilisation azotée sur la base des contributions de l'Académie depuis cent ans (Section 9) ; un article sur la qualité germinative des graines (section 6).

- Groupe des relations entre Académie d'Agriculture de France et Enseignement Supérieur Agronomique : à l'occasion de l'année des légumineuses (2016), organisation d'un colloque conjoint (ou de colloques décentralisés) sur les légumineuses sous tous les aspects, culturels, agronomiques, alimentaires, environnementaux et économiques.

1.6- Approfondissement de concepts

Il est également dans la vocation de l'Académie de s'interroger sur des démarches intellectuelles qui sous-tendent la compréhension du vivant et son utilisation par l'homme, ainsi que sur les déterminants de l'action publique et la réglementation dans les domaines de l'environnement, de l'agriculture et de l'alimentation.

- La philosophie des normes : il existe actuellement en France plus de 400 000 normes qui encadrent les activités industrielles et agricoles, et organisent notre manière de vivre en société. Les normes qui encadrent les activités agricoles sont disparates et ont des effets différemment perçus : initiation d'actions positives ou éléments freinant l'innovation, désignation d'un danger objectif. La réflexion visera à clarifier les différences entre des normes purement techniques et des normes réglementaires qui limitent les activités humaines au nom de la sécurité, parfois sur des bases peu scientifiques. La norme « *Nitrates* » sera à ce titre spécifiquement étudiée (section 9).
- Réflexion sur la « simplicité » : ce terme, proposé par les neurosciences, désigne la capacité des organismes vivants d'inventer des solutions simples à partir de dispositifs complexes ou face à des situations complexes. Il est particulièrement à l'œuvre dans l'interface avec l'environnement et s'applique aux problèmes d'action et de décision. La section 4 propose une réflexion transversale aux disciplines représentées à l'Académie.
- La biologie de synthèse : intérêt et efficacité pour la synthèse de nouvelles molécules par des organismes génétiquement reprogrammés (section 6).
- L'inflation cognitive : le tout cognitif, l'accumulation d'arguments scientifiques est-elle un gage d'efficacité de l'action publique ? Le cas de l'action publique environnementale sera particulièrement étudié (section 7).

2- Rayonnement de l'Académie

L'Académie a mené en 2013-2014 une réflexion sur son rôle et son rayonnement dans la société actuelle et a mis en place ou rénové des outils de communication qui participent à la valorisation de ses travaux : site Internet, retransmission des séances, revue et lettre de l'Académie.

En 2014-2015, elle s'est attelée à la définition d'un plan d'actions afin de mieux faire connaître ses travaux et de répondre à des préoccupations de la société.

En 2015-2016, elle va poursuivre dans cette voie par la mise en œuvre du plan d'actions évoqué ci-dessus, en engageant des partenariats avec les pouvoirs publics (administrations et établissements publics) et les entreprises, et en faisant connaître ses capacités d'expertise, auprès des élus et des socioprofessionnels. Les actions entreprises pour faire connaître l'Académie auprès des étudiants et des enseignants-chercheurs de l'enseignement supérieur agronomique seront activement poursuivies et leur extension à l'enseignement technique agricole étudiée.

Les moyens à mettre en œuvre, ont été bien identifiés et doivent être mobilisés. Une attention particulière sera apportée au recrutement de nouveaux membres aptes à conduire les missions des différents champs de compétences de l'Académie et qui s'engagent à participer activement à ses travaux. A l'occasion de l'abaissement de l'âge de l'éméritat à 77 ans au 1^{er} janvier prochain, il conviendra de rajeunir et de féminiser l'Académie. La création de relais territoriaux et la mise en œuvre d'une politique de communication externe doivent contribuer à l'amélioration de la notoriété de l'Académie.

En conclusion, dans la nouvelle période qui s'ouvre, la place et le rôle de l'Académie demeurent essentiels. Elle est d'abord un creuset de disciplines multiples, lié à l'extraordinaire richesse de connaissances et d'expériences de ses membres, qui lui donne la capacité d'être un lieu de débats, de discussions, voire même de confrontations entre scientifiques, acteurs économiques et société civile.

A l'interface de la science et de la société, elle continuera à être productrice d'analyses objectives et de synthèses, assises sur les connaissances scientifiques les plus solides. Elle doit ainsi permettre d'éclairer les citoyens et les décideurs sur les acquis scientifiques et les progrès technologiques dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement.

Paris, le 16 juillet 2015

Le Secrétaire perpétuel

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the bottom.

Gérard Tendron

**Présentation du "Trophée Jean-Paul Lanly de l'Académie d'Agriculture de France
pour la valorisation du bois français"**

et des deux lauréats pour l'année 2015

par Jean-Paul **Lanly**¹

Chaque année qui passe, la France n'utilise sous forme de bois d'œuvre et d'industrie, et de bois pour l'énergie, qu'à peine plus de la moitié du volume de cet éco-matériau renouvelable produit par la Nature et la sylviculture dans les forêts de l'Hexagone. De plus, ces derniers temps, près d'un cinquième du bois français d'œuvre et d'industrie ainsi prélevé a été exporté sous forme de bois rond, c'est-à-dire de matière première non transformée en France, sans valeur ajoutée ni création d'emplois industriels. En même temps, une partie importante de l'approvisionnement de nos industries du bois de deuxième transformation est constituée de sciages ou de pâtes à papier produits en dehors de nos frontières. Ces trois constats illustrent les faiblesses structurelles de l'ensemble de la filière nationale, qui se traduisent par une faible valorisation de nos ressources forestières et un déficit, en termes de commerce extérieur, de l'ordre de 6 milliards €.

Fort heureusement, on assiste depuis quelques années à une meilleure prise en compte des atouts de la ressource française en bois, en partie grâce aux choix des citoyens consommateurs portés vers des modes de vie plus respectueux de l'environnement et plus économes en énergie, et donc globalement plus favorables à l'utilisation de ce matériau. Certes, l'avenir de la filière est encore loin d'être un enjeu électoral, et elle doit faire face aux groupes de pression puissants de matériaux concurrents, pourtant moins performants en termes environnementaux et énergétiques. Cependant, les recommandations des très nombreux rapports officiels sur la filière ont fini par trouver un cadre stratégique et programmatique à la hauteur des enjeux :

- les acteurs professionnels se sont mis en ordre de bataille, avec les trois grandes organisations que constituent France Bois Forêt, France Bois Industries Entreprises et France Bois Régions,
- la filière a été reconnue comme stratégique au sein du Conseil National de l'Industrie avec un Comité stratégique et un Contrat de filière,
- le Plan bois de la "Nouvelle France Industrielle" a été mis en route,
- et la stratégie forestière du gouvernement doit être arrêtée dans le Plan National Forêt Bois.

L'Académie d'Agriculture de France, qui est aussi l'académie nationale de foresterie, consacre une partie de ses travaux au secteur forêt-bois. Elle le fait au travers notamment des activités de sa section "Forêt et filière bois", ainsi que par des séances plénières consacrées au secteur forestier, et par des avis transmis en premier lieu au Ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. En avril dernier, elle consacrait précisément une séance plénière au renouveau que je viens d'évoquer, sous le titre "La filière bois, filière stratégique nationale".

Après une longue carrière forestière publique surtout à l'international, puis une forte implication dans les travaux et la gestion de l'Académie, préoccupé par les difficultés durables de notre filière, j'ai décidé d'apporter ma très modeste contribution à ce renouveau en faisant une donation à l'Académie, qui a bien voulu l'accepter, destinée au financement de la remise annuelle d'un Trophée "pour la valorisation du bois français" pendant une quinzaine d'années au moins.

Décerné pour la première fois cette année, le Trophée a pour but de récompenser deux entreprises qui transforment du bois français, le font en quantité croissante, et selon des procédés innovants. Un appel à

¹ Trésorier perpétuel honoraire.

candidatures a été lancé en février dernier, onze entreprises répondant aux critères fixés y avaient répondu à la date butoir de fin mai, et leurs mérites respectifs ont été évalués par un Comité de sélection. Outre nos confrères Patrick Ollivier, Trésorier perpétuel de l'Académie, et Georges-Henri Florentin, Directeur Général du FCBA, l'Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement, qui ont apporté tous deux leur énergie et savoir-faire considérables au succès de cette initiative, ce Comité comprend les personnalités suivantes ou leur représentant: les présidents des trois grandes organisations de la filière mentionnées précédemment, la Sous-directrice de la Forêt et du Bois du Ministère de l'Agriculture, le Directeur du Service de l'Industrie du Ministère de l'Economie, et Monsieur Jacques Berlioz, Directeur du Groupe de presse "Le Bois International".

* * *

Je suis très heureux aujourd'hui de décerner au nom de l'Académie d'Agriculture de France, et en mon nom propre, les deux Trophées de la première édition de cette récompense aux responsables des deux entreprises lauréates.

Il s'agit, en premier lieu, du Groupe Lefebvre, dont le siège est dans la commune Les Grandes Ventes en Seine Maritime, premier transformateur de hêtre en France, et deuxième en Europe, et représenté ici par le Président de son Conseil de Surveillance, Monsieur Alain Lefebvre. Cette entreprise industrielle répond excellemment aux trois critères du Trophée: elle s'approvisionne entièrement en bois français – en l'occurrence, du hêtre surtout normand et picard -, elle continue à accroître fortement sa capacité et sa production, et le fait avec des outils et procédés modernes et un rendement matière proche de 100%. Le Groupe Lefebvre sera de nouveau à l'honneur comme grand témoin au cours du colloque "Filière forêt-bois et changement climatique: investir pour l'avenir" qui se tiendra au Conseil Economique Social et Environnemental au Palais d'Iéna à Paris le 5 novembre prochain.

2015 est une année d'Exposition Universelle. Elle se tient à Milan et a pour thème "Nourrir la planète, énergie pour la vie", thème au centre des préoccupations de l'Académie. Le Pavillon de la France y est, parmi les nombreux pavillons nationaux à structure et/ou parements en bois, celui de loin le plus beau et le plus accompli au plan technologique. Imaginé par l'agence d'architecture X-TU, cette superbe vitrine du bois français – en l'occurrence de l'épicéa et du sapin jurassiens - et du savoir-faire français en matière de construction bois est l'œuvre de la Société franc-comtoise Simonin représentée ici par son Président-Directeur Général, Monsieur Christian Balanche. L'Académie ne pouvait que récompenser en 2015 cette entreprise candidate qui remplit très bien, elle aussi, les trois critères d'attribution du Trophée, et tout particulièrement celui de l'innovation, en lui attribuant, à titre spécial, un deuxième Trophée.



Mercredi 30 septembre 2015

- Discours de bienvenue par Jean-Yves DAGES, Président de GROUPAMA.
- Rapport de Monsieur le Secrétaire perpétuel.
- Bourses Dufrenoy - Crédit Agricole d'Île-de-France Mécénat, par son Président François IMBAULT.
- Discours de Monsieur le Ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Président d'honneur de l'Académie.
- Proclamation des récompenses :
 - Trophée Lanly, prix et médailles décernés par l'Académie,
 - Prix de la Fondation Xavier-Bernard.
- Discours de clôture de Madame la Présidente de l'Académie.

BUREAU DE L'ACADEMIE**POUR 2015**

PRESIDENTE	: JEANNE GROSCLAUDE
CHARGE DES FONCTIONS DE VICE-PRESIDENT	: PAUL VIALLE
SECRETAIRE PERPETUEL^(*)	: GERARD TENDRON
TRESORIER PERPETUEL^(*)	: PATRICK OLLIVIER
CHARGE DES FONCTIONS DE VICE-SECRETAIRE	: CONSTANT LECOEUR
CHARGE DES FONCTIONS DE VICE-TRESORIER	: DANIEL-ÉRIC MARCHAND
PRESIDENT SORTANT	: JEAN-MARC BOUSSARD

^(*) Membre permanent du Bureau

PROCLAMATION DES RÉCOMPENSES

BOURSES DUFRENOY- CRÉDIT AGRIGOLE D'ÎLE-DE-FRANCE MÉCÉNAT

Ces bourses sont attribuées à de jeunes chercheurs conformément au souhait exprimé par Jean et Marie-Louise Dufrenoy lors du legs qu'ils firent à l'Académie d'agriculture de France.

Depuis 2014, le financement de ces bourses est assuré paritairement avec le Crédit Agricole d'Ile-de-France Mécénat.

- Bourse de 2 500 euros à **Antoine ALLIAUME**, pour un séjour de travail de trois mois dans l'équipe du Professeur Rodrigo Almeida à l'Université de Berkeley-Californie (février-mai 2015).
- Bourse de 2 500 euros à **Sylvain BERTHO**, pour assister au « *7th International Symposium on Vertebrate Sex Determination* » à Kona (Etats-Unis d'Amérique), du 13 au 17 avril 2015, et d'y présenter ses travaux.
- Bourse de 2 500 euros à **Diane BIGOT**, pour participer au congrès annuel de la « *Society for invertebrate pathology* », tenu à Vancouver en août 2015 afin d'y présenter ses résultats et profiter de ce déplacement pour faire un stage d'une huitaine de jours au laboratoire du Professeur Jenny Cory qui mène des études à l'interface entre virologie et éco-entomologie.
- Bourse de 2 000 euros à **Thaïs GENARD**, pour participer au « *14th International Rapeseed Congress* » à Saskatoon (Canada) en juillet 2015, ce congrès étant une des principales manifestations internationales sur le colza, afin d'y présenter ses résultats de recherche et y rencontrer les meilleurs scientifiques dans ce domaine afin qu'elle échange des informations scientifiques et agronomiques.
- Bourse de 2 000 euros à **Anne MAILLARD**, pour participer au « *14th International Rapeseed Congress* » à Saskatoon (Canada) en juillet 2015, ce congrès étant une des principales manifestations internationales sur le colza, afin d'y présenter ses résultats de recherche et y rencontrer les meilleurs scientifiques dans ce domaine afin qu'elle échange des informations scientifiques et agronomiques.
- Bourse de 2 000 euros à **Antoine PORQUIER**, pour participer au « *28th Fungal Genetics Conference* » qui porte sur la génétique fongique à Asilomar (Californie, Etats-Unis d'Amérique) du 17 au 22 mars 2015 et y présenter une affiche présentant les résultats acquis.
- Bourse de 1 600 euros à **Céline PRADIER**, pour participer au congrès international ISSR9 (*International Society of Root Research*) à Canberra (Australie) en octobre 2015, y présenter ses résultats et échanger avec les chercheurs travaillant dans son domaine.
- Bourse de 1 000 euros à **Julia ZINSMEISTER**, pour assister et faire une présentation orale au congrès de l'« *International Seed Society for Seed science, seed longevity* » qui se tiendra à Wernigerode (Allemagne) en juillet 2015, séjour prolongé par une visite à l'*Institute of Plant Genetics and Crop Plants* à Gatersleben.
- Bourse de 800 euros à **Pauline BRISTIÉL**, pour effectuer un stage d'un mois dans le laboratoire de Physiologie d'études des espèces prairiales à l'Université de Caen.
- Bourse de 800 euros à **Tracey TENREIRA**, pour présenter un poster sur ses travaux au congrès *Plant Biology Scandinavia 2015* qui aura lieu à Stockholm du 9 au 13 août.

PRIX SPÉCIAUX

• **Le Trophée Jean-Paul LANLY pour la valorisation du bois français** est destiné à distinguer une entreprise ou un organisme implanté en France et oeuvrant dans le secteur de la filière bois, utilisant et accroissant la consommation de bois français, selon des méthodes et procédés de préférence innovants.

Deux Trophées sont décernés exceptionnellement cette année :

au **Groupe LEFEBVRE** (Les Grandes Ventes, Seine-Maritime) représenté par **M. Alain LEFEBVRE**, Président du Conseil de surveillance, pour le développement et la réussite exemplaires de ce groupe industriel spécialisé dans la transformation et la valorisation du bois de hêtre français ;

à titre spécial, à la **Société SIMONIN** (Montlebon, Doubs) représenté par **M. Christian BALANCHE**, Président, pour sa magnifique réalisation du Pavillon France de l'Exposition Universelle de Milan, remarquable vitrine de la construction en bois français.

• **Prix JEAN-DUFRENOY**, comportant l'attribution d'une somme de 5 000 euros, à **Loïc LEPINIEC**, pour son dynamisme et son implication tant dans la recherche de très haut niveau que dans la gestion des collectifs et de l'enseignement et sa vision prospective des sciences du végétal. (Rapporteurs : Yvette Dattée, Georges Pelletier et Dominique Job).

• **Prix de la Fondation LIMAGRAIN**, comportant l'attribution d'une somme de 1 525 euros, à **Pierre BARRET**, pour son apport à la génétique du colza et maintenant à la génomique et aux biotechnologies du blé, ainsi que pour sa communication vers la société. (Rapporteurs : Yvette Dattée, André Gallais, Georges Pelletier et Dominique Job).

DIPLÔMES DE MÉDAILLES

Médailles d'Or

• **Michel ROCARD** qui a marqué la vie politique française en la rénovant, et en accompagnant les mutations de l'agriculture et du monde rural sous ses mandats de ministre du Plan et de l'Aménagement du territoire (mai 1981-mars 1985), ministre de l'Agriculture (mars 1983-avril 1985), Premier ministre (mai 1988-mai 1991). (Rapporteur : Joseph Garnotel).

• **Jean JOUZEL** a prouvé, dès 1987, le lien entre climat et effet de serre. Il œuvre pour que soit pris en compte les rôles possibles de l'agriculture, des sols et de la forêt dans les dynamiques de remédiation, d'adaptation et d'atténuation du changement climatique. (Rapporteur : Bertrand Hervieu).

• **Didier BOICHARD**, pour sa contribution essentielle à l'amélioration génétique des bovins laitiers et notamment au développement, au cours de ces dernières années, d'une approche de sélection génomique qui a révolutionné les méthodes de sélection. (Rapporteur : Marc Lalande).

• Au sein de l'ITERG (Institut technique des corps gras) et de l'Université de Bordeaux, le Docteur **Nicole COMBE** a permis, par ses travaux de recherche, des avancées majeures dans la compréhension des effets

nutritionnels des lipides, en particulier des acides gras poly-insaturés, comme les oméga-3, dans leurs activités génomiques et non-génomiques au niveau du cerveau et du système cardio-vasculaire. (Rapporteur : Didier Majou).

• **Dominique LACHENAL**, par ses travaux sur la chimie de la cellulose et de la lignine, a contribué à des avancées significatives pour les industries de la pâte à papier, du papier et des bioraffineries. (Rapporteur : Jérôme Grassin).

• **Philippe MANGIN**, a impulsé l'alliance entre IN VIVO et Coop de France ainsi que la grande campagne de communication en 2012 sur l'image et le rôle des coopératives agricoles à la radio et à la télévision, opération qui se poursuit et se développe actuellement. (Rapporteurs : Jean-François Colomer et Christian Maréchal).

• **Marie-Christine MONTEL**, pour son parcours scientifique original et ses prises de responsabilité dans le domaine de l'écologie microbienne des produits laitiers et carnés fermentés et pour son action courageuse en faveur de la reconnaissance des qualités des fromages au lait cru. (Rapporteurs : Joseph Bonnemaire et Claude Béranger).

• **Michel RENARD**, pour ses travaux innovants sur la qualité des huiles de colza, le développement des colza hybrides, son souci de valorisation de ses activités de recherche - associant avec beaucoup d'intelligence la recherche fondamentale et la recherche appliquée - et son animation de la recherche aux niveaux régional et national. (Rapporteurs : Yvette Dattée et André Gallais).

Médailles de Vermeil

• **Hélène BERGES**, pour la création d'un centre national de ressources génomiques végétales unique en France et en Europe et son travail remarquable qui a contribué à décrypter la complexité des génomes des plantes. (Rapporteurs : Dominique Job et Georges Pelletier).

• **Elsa BERTHET**, pour ses recherches en Sciences de gestion sur la conception des agro-écosystèmes (associant les performances économiques, sociales et environnementales de l'agriculture). (Rapporteur : Philippe Lacombe).

• Au sein de l'INRA, **Éric BEUVIER** a permis des avancées majeures dans la compréhension des mécanismes de formation de la qualité des fromages traditionnels, en particulier des fromages au lait cru, en prenant en compte plusieurs facettes de la qualité (sensorielle, sanitaire, santé). (Rapporteur : Didier Majou).

• **Daniel CARON**, pour sa carrière de phytopathologiste ayant créé des outils nouveaux à l'ITCF puis chez Arvalis, permettant de surveiller les accidents des cultures et les nombreuses collaborations public-privé et internationales qu'il a développées, ses actions de formation, son implication dans la communication, ainsi que son esprit d'ouverture, de dialogue et de partage des savoir-faire scientifiques et techniques. (Rapporteur : Catherine Regnault-Roger).

• **Françoise CLÉMENT**, responsable d'une importante direction technico-scientifique à l'IFCE, s'est toujours attachée au développement de la filière équine. Soucieuse d'innovation, compétente et habile, elle a su valoriser au mieux, en pratique, les résultats de la recherche scientifique. (Rapporteurs : Gilbert Jolivet de Emmanuel Rossier).

• **Lydie DUFOUR**, pour son implication active dans un dispositif expérimental de longue durée en agroforesterie au service de la transition de l'agriculture française vers l'agroécologie. (Rapporteurs : François Briat et Jacques Roy).

- **Guy LANDMANN**, pour la qualité et la continuité de son engagement à l'interface science/décision sur les grandes questions relatives aux écosystèmes forestiers, et son rôle national et international reconnu dans l'animation de la recherche et l'expertise collective. (Rapporteur : Jean-Paul Lanly).
- **Jean MAGIMEL** a dirigé de nombreux organes de la presse agricole. Il pilote depuis 2005 la revue PAYSANS, une revue d'éducation populaire qui met à disposition de ses lecteurs des articles de réflexion sur l'économie et la politique agricoles. (Rapporteur : Lucien Bourgeois).
- **Alain TOPPAN**, biologiste moléculaire et communicateur talentueux, a coordonné au niveau européen et mondial d'importants programmes dans le domaine des biotechnologies, dirigeant avec succès des équipes de recherche dont les travaux sont reconnus par la communauté des sélectionneurs. (Rapporteurs : Philippe Gracien et Jean-Louis Bernard).

Médailles d'Argent

- **Thomas CHASTANG**, pour avoir proposé une méthode originale de biosynthèse du resvératrol à partir de cellules végétales isolées, ouvrant la voie à une nouvelle économie de sa production. (Rapporteur : Daniel-Éric Marchand).
- **Luis Alexander GONZALEZ MARTIN**, pour sa thèse de doctorat qui apporte une contribution importante à la connaissance du fonctionnement de l'organe de règlement des différends de l'OMC, notamment à l'occasion du contentieux relatif aux produits issus de l'agriculture des pays de l'Amérique latine. (Rapporteurs : Joseph Hudault (†) et Jean-Marc Boussard).
- **Charlotte GROSSIORD**, pour ses travaux originaux sur le rôle de la diversité spécifique arborée dans le fonctionnement hydrique et carboné des forêts européennes mixtes. (Rapporteur : Yves Birot).
- La thèse de **Camille MANSANET** apporte des résultats fondamentaux et appliqués de premier plan sur les contrôles génétiques et moléculaires de la fonction ovarienne. (Rapporteur : Yves Combarous).
- **Samir EL OUAAMARI**, pour ses nombreuses enquêtes de terrain effectuées en Ethiopie qui lui ont permis d'apporter des vues tout à fait nouvelles et remarquables sur les conditions de la production de café dans ce pays. (Rapporteur : Gilles Bazin).
- **Ariane PAYNE**, pour sa thèse universitaire d'épidémiologie, qui évalue les risques de transmission de la tuberculose entre faune sauvage et bovins, remarquée pour la grande qualité des observations, la rigueur de la méthodologie et son impact pratique. (Rapporteurs : Barbara Dufour et Gilbert Jolivet).
- **Mathieu POTTIER**, pour son excellent travail de thèse sur l'étude de la remobilisation des métaux au cours de la sénescence foliaire dans le cadre de la réhabilitation des sols pollués. (Rapporteur : François BLONDON).
- **Virginie POUYET** a conduit un travail particulièrement original et fructueux concernant les déterminants de l'appréciation et de la consommation alimentaires chez les personnes âgées atteintes de troubles cognitifs. (Rapporteur : Hervé This).

Les médailles suivantes, couronnant des travaux concernant l'étude des sols, seront remises le 3 décembre 2015 au Palais du Luxembourg dans le cadre de la journée mondiale des sols. Néanmoins, ils recevront le diplôme correspondant le 30 septembre.

Médailles d'Or

- **François COLMET-DAAGE**, pour ses remarquables travaux d'agropédologie réalisés au cours de sa carrière aux Antilles et dans l'ensemble de l'Amérique latine. (Rapporteur : Georges Pédro).
- **Christine KING**, pour l'ensemble de sa carrière de recherche et de valorisation dans le domaine de la protection des sols et des risques naturels : télédétection par radar, développement des applications radars en géologie et exploration minière, érosion, risques naturels, risques de ruissellement, prévision et anticipation des crues par les techniques spatiales, caractérisation des sols et leur traficabilité. (Rapporteur : Michel-Claude Girard).

Médailles d'Argent

- **Maylis DESROUSSEAUX**, pour sa remarquable avancée en matière de Droit des diverses conceptions de la qualité des sols, montrant que la qualité environnementale des sols n'est pas intégrée actuellement. Et aussi pour la réflexion qu'elle mène sur la propriété du sol en posant la question : les services écosystémiques peuvent-ils être dissociés du Droit de propriété ? (Rapporteurs : Michel-Claude Girard et Christian Walter).
- **Eva RABOT**, pour sa thèse sur le contrôle de la production et l'émission de protoxyde d'azote par la structure et le fonctionnement hydrique des sols. (Rapporteurs : Ary Bruand et Daniel Tessier).

Médaille de Vermeil

- Au cours d'une longue carrière consacrée à la lutte antiérosive dans le Pays-de-Caux, **Jean-François OUVRY** a assuré d'une façon remarquable la liaison entre scientifiques et gestionnaires du territoire par son implication dans la recherche appliquée et son engagement dans la mise en oeuvre de politiques publiques locales. Il a mis au point des démarches de coordination entre recherche et action qui, au delà du Pays-de-Caux, portent sur les fonctions territoriales de l'agriculture. (Rapporteur : François Papy).

PRIX DE LA FONDATION XAVIER-BERNARD

Ces prix, attribués en commun par la Fondation Xavier-Bernard et le Bureau de l'Académie d'agriculture de France, sont financés par la Fondation Xavier-Bernard.

1 - Prix scientifique

- Prix de 3 050 euros à **Claudine FRANCHE**, pour ses travaux de recherche sur les symbioses fixatrices d'azote, enjeu-clé de l'agriculture durable et sa brillante carrière internationale dédiée aux biotechnologies végétales. (Rapporteurs : Catherine Regnault-Roger, Jean-Claude Pernollet et Agnès Ricoch).

2 - Prix de mémoires de fin d'études

- Prix de 1 000 euros à **Pauline DESCHODT**, élève de Montpellier SupAgro-Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques, pour son mémoire intitulé : Etude de l'effet des haies brise-vent sur la présence et la dispersion des prédateurs généralistes du sol en verger de pommiers.
- Prix de 1 000 euros à **Eglantine FAUELLE**, élève de Montpellier SupAgro-Institut des régions chaudes, pour son mémoire intitulé : Analyse comparée des moteurs de changement et des enjeux d'adaptation d'un socio-écosystème de forêt tropicale. Initiation d'un processus de modélisation d'accompagnement dans la région Est du Cameroun.
- Prix de 1 000 euros à **Lise JUNG**, d'AgroSup Dijon, pour son mémoire intitulé : Rôle des chiroptères dans la régulation du carpocapse et de la tordeuse orientale en verger de pommier.
- Prix de 1 000 euros à **Gwendoline KERVILLEC**, élève de l'École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg, pour son mémoire intitulé : Etudes hydrologique et hydraulique du cours d'eau Evrecourt-Meurthe-et-Moselle.
- Prix de 1 000 euros à **Bruno LATGÉ**, élève d'AgroParisTech Paris, pour son mémoire intitulé : Rôle des kinésines dans le maintien de la polarité cellulaire pendant la migration.
- Prix de 1 000 euros à **Jonathan PITAUD**, élève d'AgroParisTech Nancy, pour son mémoire intitulé : Construction des bases technico-économiques d'un projet carbone de gestion forestière améliorée. Conversion de taillis de hêtre méditerranéens en futaie.
- Prix de 1 000 euros à **Mathilde SALINAS**, élève d'Agro Campus Ouest de Rennes, pour son mémoire intitulé : Conflits locaux en élevage porcin. Jeux d'acteurs, déterminants, et enjeux pour la filière et la démocratie de proximité.
- Prix de 700 euros à **Alix BARTHEZ**, élève de l'Institut supérieur d'agriculture et d'agroalimentaire Rhône-Alpes, pour son mémoire intitulé : Analyse de la filière d'épandage de déchets organiques dans le Bas-Rhin. Etat actuel et étude de nouvelles possibilités d'épandage.
- Prix de 700 euros à **Annette GIRARDIN**, élève de l'Institut polytechnique LaSalle Beauvais, pour son mémoire intitulé : Etude des relations trophiques entre plante-hôte et parasite. Cas de l'orobanche rameuse.
- Prix de 700 euros à **Jean KELLER**, élève de l'École d'ingénieurs de Purpan, pour son mémoire intitulé : Caractérisation agronomique des mélanges bispécifiques de légumineuses et non-légumineuses de cultures intermédiaires sur une interculture courte (2 mois).
- Prix de 700 euros à **Maxime LABARRIERE**, élève de l'École supérieure du Bois, pour son mémoire intitulé : Optimiser le choix de l'essence de bois utilisée afin de permettre à une entreprise de construction bois de remporter de nouveaux marchés et de réaliser des gains économiques.
- Prix de 700 euros à **Noémie LECOMTE**, élève d'Agro Campus Ouest d'Angers, pour son mémoire intitulé : Comment diversifier l'offre ludique pour les enfants dans les espaces publics urbains ?
- Prix de 700 euros à **Antsiva RAMARSON**, élève de Bordeaux Sciences Agro, pour son mémoire intitulé : Actualisation de l'inventaire des zones humides du territoire du Contrat global pour l'eau de la région de Château-Thierry.
- Prix de 700 euros à **Stéphanie SARTORIUS**, élève de l'École supérieure d'agriculture d'Angers, pour son mémoire intitulé : Modélisation des décisions d'organisation spatio-temporelle des cultures dans des territoires de polyculture-élevage : cas de cinq exploitations sur le territoire du Pays Yon-et-Vie (Vendée).

INSTITUTIONS, SCIENCE, MARCHÉ, SOCIÉTÉ CIVILE ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Séance organisée par Jean-Louis **Rastoin**¹, en partenariat avec la Société française d'économie rurale (SFER).

Avec près de 4 milliards d'individus en état de malnutrition, notre planète vit dans l'insécurité alimentaire. Les éléments majeurs de cette insécurité sont connus : changement climatique ; épuisement des ressources naturelles et dégradation de l'environnement ; montée des inégalités sociales et du chômage et persistance de taux élevés de pauvreté partout dans le monde ; augmentation rapide des maladies non transmissibles d'origine alimentaire ; perception souvent négative des innovations scientifiques et techniques ; et enfin, non prise en compte de questions éthiques (dignité humaine, fraudes informationnelles et fiscales, statut de l'animal, par exemple).

Tous ces facteurs pèsent sur le comportement des consommateurs et donc sur l'évolution des marchés.

Par ailleurs, la dynamique des systèmes alimentaires dans tous les pays conduit à voir l'agriculture régresser en part relative dans le prix final des produits alimentaires, au profit des autres acteurs des filières, notamment les industriels de l'agrofourmiture et de l'agroalimentaire, les firmes de la logistique et des services et les distributeurs, dans un schéma de partage inéquitable de la valeur créée. Finalement, les exercices de prospective agricole et alimentaire et les réflexions menées sur la capacité de la Terre à nourrir 9,5 milliards d'hommes à l'horizon 2050 interpellent toutes les parties-prenantes sur les modèles de consommation et de production alimentaires présents et à venir et leur compatibilité avec la construction d'une sécurité alimentaire durable.

Objectif de la séance

Ce contexte d'insécurité alimentaire croissante suscite de nombreuses questions d'ordre technique, économique, social et éthique, à la fois dans la communauté scientifique, chez les professionnels et dans la société civile. L'objectif de la séance sera d'approfondir et de débattre de ces questions et de contribuer à esquisser les grandes orientations à donner à l'action publique et aux opérateurs privés afin d'aller vers plus de sécurité alimentaire en France, en Europe et dans le monde. Pour ce faire, la séance sera organisée autour de points de vue apportés par des experts des 4 piliers de la sécurité (ou de l'insécurité) alimentaire : les institutions, la science, le marché et la société civile.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur émérite à Montpellier SupAgro, Directeur de la chaire UNESCO en Alimentation du monde.
C.R.Acad. Agric. Fr., 2015, 101, n°3.

LA CONSTRUCTION D'UN DISPOSITIF DE SÉCURITÉ ALIMENTAIRE À TRAVERS LES INSTITUTIONS ET LES POLITIQUES PUBLIQUES NATIONALES ET INTERGOUVERNEMENTALES – UN POINT DE VUE POLITIQUE

par Dacian Ciolos¹

La sécurité alimentaire est un concept en évolution, modulé par des réalités différentes à travers le monde et à travers le temps. Ainsi, le besoin en approvisionnement quantitatif alimentaire, passe par l'accessibilité des consommateurs à leur alimentation, notamment à travers des prix adéquats. Dans certaines parties du monde, selon les cultures et l'évolution des habitudes alimentaires, la qualité nutritionnelle est devenue tout aussi importante que la disponibilité quantitative. L'élément culturel et traditionnel n'est pas à négliger dans la consommation alimentaire et en conséquence dans les choix des politiques publiques relatives à la sécurité alimentaire.

Pourquoi la question alimentaire et agricole est-elle importante pour les pouvoirs publics ? Pourquoi avons-nous besoin de politiques alimentaires ? À travers l'histoire éloignée ou récente, et plus encore dans un monde aux situations économiques hétérogènes, la question alimentaire est au cœur des conflits ou de la paix sociale, mais peut être aussi source de développement dans les zones rurales. La question agricole et alimentaire est également directement liée à la gestion des ressources naturelles et des équilibres environnementaux.

L'Europe s'est dotée d'une politique agricole commune dès le début de sa construction institutionnelle et les États membres ont gardé, dans des proportions et sous des formes diverses, des leviers pour amplifier ou adapter les instruments de cette politique commune, selon les choix politiques. Mais la question de la sécurité alimentaire ne se limite pas à une politique publique ciblant l'agriculture ; elle interfère également avec la politique de santé, sanitaire et nutritionnelle, avec la politique commerciale, la politique environnementale, tout en étant au cœur de la politique de développement et de coopération et des instruments d'aide humanitaire d'urgence.

Au niveau international, au trio institutionnel FAO, FIDA et PAM qui dans le cadre de l'ONU a la charge de l'orientation stratégique afin de faire face au défi alimentaire à travers les continents, notamment dans les pays en développement ou dans les zones frappées par les crises alimentaires, s'ajoute la préoccupation de plus en plus évidente d'autres institutions internationales comme l'OMC et le G20. L'Europe se positionne comme principal bailleur de fonds pour soutenir la lutte contre la pauvreté et la faim à travers une politique alimentaire, mais paradoxalement sa présence institutionnelle et politique dans ces instances apparaît moins efficace institutionnellement.

En raison de ses différentes lectures, la sécurité alimentaire, affichée comme une préoccupation de la plupart des partenaires internationaux, trouve difficilement un accord international permettant de la mettre en œuvre.

La sécurité (ou l'insécurité) alimentaire est un enjeu structurant pour l'action internationale au niveau politique et institutionnel pour les décennies à venir et nécessite une coordination renforcée allant des acteurs locaux aux institutions internationales. Dans un monde globalisé, les solutions restent locales, mais, afin de les rendre efficaces, elles nécessitent une meilleure cohérence et plus d'innovation dans l'action publique.

¹ Ancien ministre de l'Agriculture de Roumanie, ancien commissaire européen à l'Agriculture.

LES CONTRIBUTIONS SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES À L'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

par Gilles Trystram¹

Depuis 60 ans, la conception et la réalisation de produits destinés à l'alimentation ont été accompagnées de travaux de recherche nombreux, variés qui constituent une double situation remarquable. D'une part les connaissances ont profondément progressé, à tous les facteurs d'échelle, pour les itinéraires agricoles, la transformation, comme pour la physiologie et l'appréhension des aliments par le mangeur. D'autre part, parfois conséquence, parfois précédant les connaissances scientifiques, les technologies ont également fait des progrès majeurs. L'émergence d'une compréhension sociétale de questions d'insécurité alimentaire repositionne, au moins partiellement les questions scientifiques. A minima, la mise en perspective de la science face à des enjeux mouvants réinterroge les pratiques, la mise en œuvre technologique. Mais des fronts de science sont aussi bousculés et entraînent par eux-mêmes des changements.

La période est marquée par des transitions nombreuses et variées ; transition énergétique et climatique, transition des agricultures qui se diversifient, notamment par l'agro-écologique, mais aussi, une transition du comportement des consommateurs et des citoyens et la transition nutritionnelle. L'évolution des technologies numériques affecte de plus profondément à la fois le développement des sciences et la mise en œuvre technologique associée et impacte fortement le devenir des systèmes agricoles et des systèmes alimentaires.

Dans un contexte de transitions, les contributions de la science sont difficiles à anticiper.
Quelques directions sont *a priori* intéressantes.

Le devenir des systèmes agricoles implique plus de production, une maîtrise des facteurs impactant la production, et en même temps un respect des milieux et une conception, comme une conduite plus maîtrisée au plan écologique. Les sciences du milieu apportent beaucoup, en particulier pour les sols et les besoins en eau. Des travaux d'adaptation à des conditions de pénurie en eau sont en cours et indispensables. La modification génétique des plantes étant un sujet polémique, mais largement en action aujourd'hui. Bio-contrôle, impact des technologies numériques sont deux des grandes questions à horizon moyen terme.

Si l'accent est souvent mis sur les apports attendus de la science dans la capacité à produire plus (et mieux dans le même temps), la question de la transformation de la ressource est essentielle. Dans de nombreux cas, c'est bien de l'accroissement de valeur ajoutée à la production agricole que vient la richesse suffisante pour assurer la sécurité alimentaire. Les sciences de la transformation des aliments voient des progrès significatifs en chimie, en physique (à la fois dans les technologies de transformations et dans la caractérisation aux petites échelles de la structure des aliments, impactant des facteurs nutritionnels). L'apport des biotechnologies comme alternative au traitement « classique » de transformation induit une meilleure capacité de transformer en réduisant les pertes matières et le gaspillage. Ce dernier devenant dans une vision repensée du système alimentaire (d'une vision linéaire à une vision de cycle) un enjeu de création de nouvelles voies de valorisation d'une ressource « déchet ». Le facteur commun qui interpelle les technologies est alors le changement de paradigme qui passe d'une recherche d'extrapolation vers des échelles toujours plus grandes à une extrapolation vers des petites échelles, voire très petites (micro et nano

¹ Professeur et directeur général AgroParisTech, membre de l'académie des Technologies.
Gilles.trystram@agroparistech.fr

technologies). Les technologies devenant alors additives, cumulatives et mettant en avant des phénomènes inconnus, nouveaux, à potentiel encore à explorer.

Enfin, la complexité des systèmes agricoles et alimentaires induit d'une part une approche basée sur les systèmes complexes et d'autre part que soient aussi développés des travaux sur la ou les gouvernances adaptées.

LE POINT DE VUE DE LA SOCIÉTÉ CIVILE

par Bénédicte **Hermelin**¹

La sécurité alimentaire est liée (mais pas uniquement) aux politiques agricoles. La libéralisation des marchés et des politiques agricoles, impulsée notamment par l'accord agricole de l'OMC (signé en 2000), devait permettre d'améliorer la sécurité alimentaire des pays en développement (rappelons que l'insécurité alimentaire existe partout dans le monde, y compris dans les pays riches, et frappe des populations pauvres et pas uniquement les « migrants » ou « réfugiés »). Ce qui a été un échec patent (voir l'épisode des « émeutes de la faim » et de la flambée des prix alimentaires, dont le riz en 2007-2008, lié aux politiques commerciales). En effet, les marchés agricoles étant par nature instables, ouvrir les marchés domestiques revient à les soumettre à l'instabilité d'un marché mondial non régulé. Les pays qui ont souffert de la crise de 2007 sont les pays fortement importateurs de riz, alors que les grands pays producteurs (Vietnam, Thaïlande) ont réduit leurs exportations pour stabiliser leur marché intérieur. Mais n'est-ce pas le rôle d'un État que d'assurer la sécurité alimentaire de sa population ?

Il faut des institutions d'orientation des politiques agricoles, de régulation des marchés au niveau national, régional, international, qui associent les Organisations paysannes et la société civile en général.

Le CSA, une institution légitime, qui a fait ses preuves. Le CSA réformé / des avancées : Suite à la crise alimentaire de 2007-2008, il y a une forte mobilisation politique sur la question de la sécurité alimentaire. Parmi les résultats de cette mobilisation politique, les plus importants restent la réforme du Comité sur la Sécurité Alimentaire mondiale (CSA) et la mobilisation de financements, avec le lancement d'initiatives spécifiques par la Communauté internationale, telle que l'initiative de l'Aquila. Face à la multiplication des cas d'accaparements de terres dans les pays du Sud, l'un des premiers chantiers ouverts par le CSA réformé a concerné la gouvernance foncière. Les Directives Volontaires sur la gouvernance foncière, adoptées en mai 2012, comportent plusieurs avancées notamment relatives à la reconnaissance des droits coutumiers et collectifs, à la nécessaire consultation préalable et éclairée des populations. Elles donnent également des pistes pour limiter les achats massifs de terres, comme la soumission des demandes au parlement national au-delà d'un certain seuil. Mais ces directives sont volontaires, et non contraignantes, ce qui les rend inopérantes.

D'autres institutions qui ne représentent pas les intérêts de tous... le G8/7, le G20 traitent des questions agricoles. Mais quelle est la légitimité de ces institutions, qui ne représentent pas les intérêts de tous les pays, et où les multinationales sont plus écoutées que les intérêts des populations du Sud. Exemple de la NASAN (nouvelle alliance pour la sécurité alimentaire et la nutrition), et l'ACSA. Ces initiatives viennent court-circuiter les espaces de gouvernance légitime. Leur objectif est de créer des marchés, sous couvert d'assurer la sécurité alimentaire au Sud. De plus, sous couvert de « progrès scientifique » ces fausses solutions promeuvent des techniques et des modèles agricoles polluants, qui contribuent au réchauffement climatique et à l'éviction des paysans. L'inverse même du développement durable.

¹ Directrice exécutive de Coordination Sud

Les propositions de Coordination SUD

La promotion des agricultures paysannes familiales, et des pratiques agro-écologiques (et pour cela besoin que la recherche travaille sur ces sujets) est indispensable, compte tenu de leur rôle fondamental sur la sécurité alimentaire locale et la nutrition, l'aménagement du territoire, la gestion des ressources, la création d'emplois et la stabilité sociale.

La reconnaissance de la centralité des petits producteurs et des travailleurs, principaux investisseurs dans l'agriculture. Ils sont les premiers acteurs de la sécurité alimentaire mondiale.

Les cadres de régulation doivent être fondés sur le respect des droits humains, et notamment du droit à l'alimentation, du droit à la terre, et permettre un soutien à des systèmes de production agro-écologiques, basés sur l'agriculture paysanne les marchés et les systèmes alimentaires locaux. L'enjeu central de l'approvisionnement des villes doit être pensé à partir des productions locales et des marchés locaux (y compris l'agriculture urbaine), et non sur des modèles dépendants des importations ou intensifs en phyto.

Les politiques publiques et les investissements doivent être réorientés au profit des agricultures familiales. Il est déterminant aujourd'hui que les États du Nord et du Sud réaffirment leurs engagements publics dans le secteur agricole, en ciblant prioritairement les exploitations familiales et les petites et moyennes entreprises du secteur de l'amont et de l'aval.

BIO-ÉCONOMIE DU BOIS ET « CARBONE VERT »

par Claude Roy¹

La bio-économie, c'est la transformation des produits de la photosynthèse végétale en aliments, matériaux, bases chimiques, fertilisants organiques et bio-énergies. Elle a fondé 5000 ans de civilisation humaine. Elle compte aujourd'hui pour plus de 5% dans notre économie nationale, et se trouve particulièrement mise à l'ordre du jour dans le débat climatique. Parmi les défis du siècle en effet, la menace planétaire du changement climatique s'impose comme la plus critique alors que nous ne disposons que de trois voies pour prévenir le danger et pour agir : **La sobriété, l'économie du renouvelable et la séquestration du carbone**. Or, on s'aperçoit que les valorisations de la biomasse « répondent » positivement, massivement et « sans regrets » dans chacune de ces trois voies obligatoires précédentes. La bio-économie, avec les hommes qui la pratiquent, est donc une véritable force de frappe et un amortisseur considérable contre le changement climatique.

Bien entendu, les filières de la biomasse sont complexes et délicates à comprendre et à « gouverner », car elles sont diversifiées et interdépendantes. **Six types de bio-ressources sont valorisés d'un côté** (*les bio-déchets, les sous produits cellulosiques, le bois, les cultures agricoles, les productions cellulosiques dédiées, la biomasse aquatique*), pour alimenter en aval **neuf grands types de filières et de marchés** (*l'alimentation, les fertilisants organiques, les matériaux, les neo-biomatériaux plastiques et composites, la chimie, les carburants, la chaleur, les gaz et l'électricité*). Et les « valorisations matière » de la biomasse s'imposent à nous, prioritairement, car elles procurent un double bénéfice d'intérêt public: elles stockent d'abord du carbone (*à raison de une tonne de CO₂ par tonne de biomasse*), et elles constituent ensuite, en fin de vie, un réservoir ultime d'énergie renouvelable récupérable (*à raison de 0,25 tonne équivalent pétrole par tonne de biomasse*).

Pour ce qui concerne la France, des « feuilles de route » énergétiques et climatiques ont été tracées, avec ambition, en mettant en jeu tout particulièrement les valorisations de la biomasse. Selon ces feuilles de route, il faudrait doubler cette contribution d'ici 2030 et la quadrupler d'ici 2050 (*objectif du « Facteur 4 »*). Et ces objectifs devraient reposer pour les deux tiers sur le bois et les ressources forestières à mobiliser, contre 30% provenant de l'agriculture et 10% des déchets organiques. Ceci explique qu'à côté de la filière bois et du secteur agro-alimentaire classique, de nouvelles filières innovantes de la biomasse aient émergé en France depuis vingt ans. Elles représentent déjà, dans notre pays, 1 500 entreprises environ, 14 milliards d'euros de chiffre d'affaires et 70 000 emplois. La France se place ainsi parmi les cinq grands pays « bio-économiques » au Monde, avec les USA, le Brésil, la Chine et l'Allemagne.

Bien entendu, comme pour le pétrole, il existe des limites à la bio-économie. Elles sont liées aux espaces disponibles et à la capacité que nous avons de tirer parti efficacement de la photosynthèse, dans les champs et dans les bois, en sauvegardant les sols et les ressources en eau. Cela veut donc dire que si l'on veut réussir ce pari du siècle, à 10 milliards d'habitants, il faut activement valoriser nos terres agricoles et nos forêts. En même temps, les itinéraires de production agricole et forestière devront être intensifs, mais aussi sobres et diversifiés. C'est là « LE » vrai défi qui est lancé à la recherche, aux agriculteurs et aux forestiers.. La nature sanctuarisée par l'homme n'est décidément pas durable, et cette évidence vaut bien sur pour les forêts...

¹ CGAAER / Club des Bio-économistes
<http://leclubdesbioeconomistes.com>
C.R.Acad. Agric. Fr., 2015, 101, n°3.

On conçoit donc qu'il est essentiel de pouvoir s'expliquer et de communiquer sans relâche sur toutes ces données complexes et si mal comprises dans nos sociétés urbanisées, devenues trop souvent « amnésiques et myopes » en la matière...

Présentation en séance

La bioéconomie ...

La biomasse est la fraction organique biodégradable des produits végétaux et animaux, des déchets, résidus, effluents et sous produits provenant de la sylviculture, de l'agriculture, de la pêche et des écosystèmes naturels, ainsi que des industries aval de transformation et des déchets industriels ou ménagers.

La biomasse est souvent qualifiée par ses ressources (bio-ressources) ou par sa faculté de produire et de stocker du carbone renouvelable photosynthétique (« carbone vert »), utilisable par de très nombreuses filières dans le cadre de ce qu'on appelle désormais

la « bio-économie ».

La biomasse est en effet valorisable et valorisée sous forme d'aliments, de fertilisants organiques, de matériaux (dont le bois, les bio-plastiques, les composites...), de molécules dédiées à la chimie, ainsi que sous forme d'énergies variées comme les biocarburants, les gaz, la chaleur ou l'électricité. Toutes ces filières sont renouvelables et sont souvent qualifiées de « sans carbone ».

Elles sont créatrices nettes d'emplois dans les territoires agricoles et forestiers.

N.B /// CGAAER / colloque « L'économie verte au service de la croissance » / Bercy 12-12-2012

1/ Contexte, défis et enjeux...

2/ De la photosynthèse à l'industrie, de l'innovation aux marchés...

3/ Pour une stratégie forêt-bois gagnante...

Conclusion: Comment se faire comprendre ?

De quoi parle-t'on ?

Après deux siècles de règne sans partage des ressources et des énergies fossiles dans les pays riches, nous devons faire face, pour les prochaines décennies, à un contexte nouveau et à des défis sans précédents:

*croissance et vieillissement de la population mondiale; réchauffement climatique ;
épuisement des réserves d'hydrocarbures ; disponibilités en eau et en terres ; suffisance
alimentaire...*

Dans un tel contexte, une mise en valeur efficace et durable des terres agricoles et des forêts, conjuguée avec la performance et la diversification, en aval, de leurs filières de transformation et de leurs produits, permettent de prévenir et de pallier, en partie, le tarissement annoncé des réserves d'hydrocarbures, de limiter le réchauffement climatique et de faire face aux besoins fondamentaux de nos sociétés .

N.B /// Source / colloque sur « L'économie verte au service de la croissance » / Bercy 12-12-2012

*les défis critiques du siècle...
(avec la démographie: 9 ou 10 mds d'habitants ?)*

L'eau et l'alimentation:

- >> L'eau douce ne représente que 3 % des ressources en eau de la planète.
- >> 0,2 ha/hab de terres cultivées en 2050 contre 0,5 ha/hab en 1950 !

L'énergie :

Les ressources énergétiques conventionnelles accessibles au rythme actuel de consommation (qui continue de croître...) sont très limitées
(base 70 €/baril):

Pétrole : 40 à 50 ans

Uranium : 80 à 100 ans

Gaz : 60 à 70 ans

Charbon : 200 à 300 ans

Le changement climatique :

Des risques majeurs attendus: changements culturels, déséquilibres forestiers, sécheresses, pathologies, pandémies, migrations « subies »...

*Pour prévenir les causes et pallier les effets
du changement climatique, 3 solutions seulement...!*

... Economies d'énergie et de matières premières (concerne surtout les transports et l'habitat)...

>>> Dont la solution biomasse!

* ...Pour réduire les émissions mondiales de carbone de près de 8 Mds t/an à 3 Mds t/an ! (division par 4 pour les pays développés >>> Facteur 4)

... Substitution des sources d'énergie et de matières premières fossiles (notamment bio-matériaux, bio-molécules, biocarburants et bioénergies, solaire, éolien, hydrolien, géothermique, nucléaire)...

>>> Dont la solution biomasse!

* ...Pour augmenter le stock de carbone stable de la planète afin de gagner du temps sur la dérive de l'effet de serre

... Séquestration du carbone (filiales forêt-bois et bio-matériaux, sols, conchyliculture, et séquestration géologique du CO₂)

>>> Dont la solution biomasse!

Une évidence mal comprise!

La valorisation de la biomasse, et sa production efficace et raisonnée (agriculture, sylviculture), sont opérantes positivement dans les trois seules voies possibles qui permettent de faire face au défi climatique !
[la sobriété, l'économie du renouvelable et les puits de carbone]

>>> **C'est un exemple unique, et une solution remarquablement efficace !...**
Ses externalités positives (dont l'emploi) sont en outre multiples...

Et pourtant, qui le sait ? qui le dit ?...

« Une agriculture et une sylviculture productives, sobres et diversifiées, avec leurs filières aval efficaces, et leurs produits, sont les remparts les plus efficaces contre le changement climatique aux côtés des économies d'énergie et des innovations technologiques et organisationnelles ».

Nous devons tous réapprendre l'équation vertueuse du « carbone vert » !

Sylviculture / Filières bois-fibres / Agriculture / Agro-industrie

=

- + Aliments** (une autre forme d'énergie renouvelable...!)
- + Bio-fertilisants, matériaux** (dont le bois), **molécules de la chimie**
- + Puits de carbone** (« pompes à CO₂ »)
- + Energies renouvelables** (carburants, gaz, chaleur, électricité)
- + Efficacité et sobriété énergétiques**
- + Fonctionnalités spécifiques...**

>>> *et valeur ajoutée, emplois, territoires, sécurité...*

ATTENTION: les bio-ressources ne sont pas illimitées...

Le développement des technologies, des filières et des politiques de valorisation de la biomasse peut entraîner **des concurrences d'usages** entre les différents marchés et les différentes filières du biosourcé:

(ex. Bois énergie/Bois matériau; Biocarburants/Alimentation/Chimie)

- >>> **risques de tensions sur les prix et les approvisionnements**
- >>> **besoin de veille et de gouvernance**
- >>> **besoin d'équilibrage des politiques (ex. matériau / énergie)**
- >>> **mobilisation et renouvellement des gisements de biomasse**

A NOTER ... Les valorisations « matière » de la biomasse et du bois créent proportionnellement plus de valeur ajoutée et plus d'emplois que les bioénergies; Elles prolongent la fonction « **puits de carbone** » de la biomasse (1 tCO₂ / tonne), et permettant le recyclage (économie circulaire) puis une valorisation énergétique ultime des biomatériaux en fin de vie (0,25 tep/tonne)...

- >>> **chercher et promouvoir des synergies d'approvisionnement et de développement entre bio-filières...**

COP 21, les enjeux...

Si nous continuons au rythme actuel, la température moyenne de la planète pourrait s'être élevée de +4°C d'ici à la fin du siècle. Ce serait un cataclysme ! Pour juguler un tel dérapage, il faut mettre en place très vite des politiques préventives et correctrices extrêmement puissantes (**sobriété , économie renouvelable, puits de carbone,...**). Le protocole de Kyoto (COP 3 de 1997, mis en œuvre en 2005...) a permis progressivement d'initier ces politiques, notamment en Europe, mais ceci reste très insuffisant, et **ce protocole est en outre venu à échéance....**

Pour limiter l'élévation de la température planétaire moyenne à un maximum supposé acceptable de + 2°C (**nb. elle a déjà augmenté de +1 °C**), il faut diviser par deux les émissions mondiales de GES, et par quatre celles des pays développés (facteur 4)

COP 21 vise pour cela à faire adopter et signer des **engagements chiffrés « bottom-up » par le plus de pays possibles**, en vue de tenir la trajectoire climatique vertueuse limitée à +2°C de réchauffement. **L'UE a d'ores et déjà chiffré ses propres engagements pour 2030 à -40% d'émissions de GES...**

Dans le même temps, et pour la première fois, le « rôle » de la terre et de sa mise en valeur (agriculture et sylviculture, sols, filières aval et bioéconomie) dans les stratégies climatiques est enfin reconnu « en positif », tout comme l'est en parallèle l'enjeu prioritaire de la sécurité alimentaire mondiale, de la gestion de l'eau et de l'adaptation de nos systèmes productifs au changement climatique.

La réalité mondiale des GES

- >>> Les émissions mondiales de GES en « équivalent CO₂ » (38 GtCO₂/an) sont partiellement compensées par le stockage organique dans le [sol + forêt + biomasse] (9,5GtCO₂/an; hors filières aval), et dans les océans (8,4GtCO₂/an)...
- >>> Le rôle unique de la photosynthèse (« pompe à carbone ») est reconnu pour capter et stocker du carbone, pour prolonger ce stockage dans les bioproduits de transformation à l'aval, puis, pour remplacer des produits émissifs et/ou fossiles (*hydrocarbures, béton, métaux, plastiques, etc...*) par des produits/carburants/combustibles biosourcés et « sans carbone » (*bois, biocarburants, chimie du végétal, bioénergies...*)
- >>> Si les émissions brutes de GES du « secteur des terres-ou AFOLU » (= agriculture, forêt et usage des sols) représentent effectivement 24% des GES mondiaux (dont 11% pour l'agriculture et 10% pour les changements d'usage des terres), **mais les effets positifs du stockage et de la substitution ne sont pas déduits de ce chiffre...**
- >>> Le GIEC a ainsi analysé pour la 1^{ère} fois globalement ce secteur d'émission particulier, agricole, forestier et pédologique (AFOLU). Avec l'apport des filières aval, il pourrait en fait contribuer pour 20 à 60% au potentiel d'atténuation planétaire de toutes les émissions de GES d'ici 2030 (*combinaison des réductions d'émissions, de la séquestration-stockage dans les sols et la biomasse, de la substitution d'usages et de la diminution des pertes agricoles et alimentaires par gaspillage*).
 - >>> **C'est ainsi une vision nouvelle du défi climatique qui animera COP21...**

Ce qu'il faut donc savoir, et dire...

- >>> L'agriculture et la forêt, ne sont pas un problème vis à vis du défi climatique. Au contraire, pour peu qu'elles soient **productives, sobres et diversifiées**, ces mises en valeur de la terre et des forêts constituent une composante majeure et unique de **LA** solution pour constituer des « amortisseurs climatiques » (*sobriété, absorption, stockage, substitution...*)
- >>> Le développement de la **bioéconomie forestière et agricole, non alimentaire**, (*bois et biomatériaux, biocarburants, chimie du végétal, bois énergie, méthanisation...*) offre en particulier un potentiel très important et « sans regrets » (*ex. emplois*) pour réduire les émissions de GES (absorption, stockage, substitution)
- >>> **Mais attention!** l'agriculture et la forêt peuvent aussi très vite être impactées par le changement du climat : **enjeu d'adaptation**; migration...
- >>> L'objectif de la sécurité alimentaire mondiale s'impose, pour 10 Mds d'habitants sur Terre, au même titre et avec autant d'acuité que celui du défi climatique. Cet enjeu alimentaire devrait donc peser lourdement dans les débats de COP21 et dans la finalisation des engagements des Etats.

France 2030: maîtriser les GES

Résultat d'une mission commandée par le Ministre de l'Agriculture:

- >>> sur des émissions totales de GES en France de 486 MtCO₂ par an, l'agriculture stricto sensu en émet, en valeur brute, **18%**. Mais si l'on compte aussi le stockage « net » de carbone et si l'on y adjoint le bilan des sols et des forêts, la part des émissions « nettes » du « secteur des terres » se trouve alors réduite à seulement **10%** environ...
- >>> d'ici à 2030, ces émissions « nettes », [10%], pourraient encore être réduites fortement, d'environ - 50 à - 60 MtCO₂ par an (*voire même totalement compensées*), grâce aux leviers **de la bioéconomie**, de l'agroécologie (bonnes pratiques), d'une sylviculture dynamique, de la réduction du gaspillage alimentaire et de la réduction du changement d'usage des terres (e.g. urbanisme)
- >>> **La bioéconomie** se trouve particulièrement distinguée dans la feuille de route climatique ci dessus car ce sont **25 à 30 MtCO₂ par an peuvent être évitées d'ici 2030 grâce au développement des biofiliales**, en particulier grâce aux trois principaux leviers que constituent le **bois énergie, le bois matériau et les biocarburants**

2/ De la photosynthèse à l'industrie, de l'innovation aux marchés...

3/ Pour une stratégie forêt-bois gagnante...

Conclusion: Comment se faire comprendre ?

Parlons Biomasse (1)

La biomasse, ça paraît simple...

Six
grands types
de
ressources!

1. Bio-déchets et sous produits organiques
"humides" fatals (concentrés ou diffus):
collectivités, agro-industries, élevage...
2. Déchets et sous-produits « cellulosiques »
fatals (concentrés ou diffus) :
filère bois, plaquettes forestières, pailles, bagasse...
3. Bois et assimilés (*y.c. caoutchouc, etc...*)
4. Productions cellulosiques dédiées, agricoles ou
forestières (*plantes à fibres, TCR, etc...*)
5. Cultures alimentaires (*fruits, graines et tubercules...*)
6. Biomasses aquatiques et marines
(...les ancêtres du pétrole)

Parlons Biomasse (2)

...mais la biomasse, c'est aussi très compliqué !

Usages primaires non énergétiques (non destructifs)

neuf
grands types
de filières de
valorisation
et de
marchés!

1. Amendements organiques des sols
2. Alimentation (*autre forme d'énergie renouvelable...*)
3. Matériaux renouvelables "traditionnels" (*bois, textiles...*)
4. Néo-bio-matériaux (*fibreux, composites, bio-plastiques...*)
5. Chimie du végétal de G1 (*sucres, amidon, huiles, xylo-chimie...*)
et de G2 (à terme : *ressources cellulosiques...*).

Usages énergétiques (destructifs)

6. Bio-carburants (G1, et G2 à terme: *ressources cellulosiques...*).
7. Bio-chaleur (*industries, réseaux urbains, collectif*),
8. Biogaz et syngaz (*CO+H₂*)
9. Bio-électricité cogénérée (sous produit des § 7 et 8 ci dessus)

Atouts, concurrences et synergies des bio-filières...

- * **Bois matériau et panneaux / fibres:** Filières massives, matures et **compétitives** (*potentiel toujours très élevé d'innovations*)
- * **Néo-matériaux fibreux, composites et polymères:** Filières prometteuses, +/- matures, +/- **compétitives**
- * **Chimie du végétal de G1:** Filière prometteuse, +/- mature, +/- **compétitive**

- * **Bois énergie (combustion):** Filière massive, mature et +/- **compétitive**
- * **Biocarburants de Génération 1:** Filières massives, matures, +/- **compétitives** (*fin de la fiscalisation aménagée*)
- * **Biocarburants et chimie de Génération 2 (cellulose):** Filières prometteuses, non matures, **non compétitives** (*stade pilote industriel*)
- * **Biocarburants et chimie de Génération 3 (micro-algues):** Filières aléatoires, non matures et **non compétitives** à un horizon visible (*stade R&D*)
- * **Méthanisation:** Filière territoriale (*sauf sites industriels ou urbains de dépollution*), mature (*sauf bio-méthane carburant*), **non compétitive** (*tarifs électriques + aides*)
- * **Biomasse / gazéification:** Filière prometteuse, non mature, **non compétitive** (*stade pilote*)
- * **Bio-électricité (base combustion):** Filière subordonnée à la valorisation de la chaleur (*sauf DOM*), mature, **non compétitive** (*tarifs électriques*)

Les nouvelles bio-filières n'ont que 20 à 30 ans ! Mais leur avenir est devant elles...
et ces filières sont interdépendantes vis à vis de la mobilisation et du renouvellement des ressources!

France: la biomasse en chiffres (chiffres 2012 consolidés)...

*13,4 Mtep/an de bio-énergies, (dont 9 Mtep/an de bois),
soit 5 % du bouquet énergétique national, ou soit ~10% de nos
consommations énergétiques « fossiles »... .. plus tout le reste!*

* bois énergie domestique	6,6 Mtep/an (26 Mt/an)
* chaufferies et co-génération collectives et industrielles à biomasse	3 Mtep/an (12 Mt/an)
* bio-incinération	1,2 Mtep/an
* biocarburants G1	2,3 Mtep/an (5,5 %; 1Mha)
* biogaz	0,3 Mtep/an

A retenir >>> (1tep - 4t - 4m³ - 4t CO₂)

... plus tout le reste... , avec en outre l'alimentation :

- Les amendements organiques et l'épandage	330 Mt/an
- Le bois d'œuvre	25 Mm ³ /an
- Le bois d'industrie	15 Mt/an
- La chimie du végétal et les néo-matériaux	# 500 000 ha
- Les plantes textiles	# 50 000 ha
- Les cultures pharmaceutiques, parfums, spécialités	# 30 000 ha, etc...

Feuilles de route: stratégie et marchés bioéconomiques en France

EXEMPLE : Futur de la biomasse en « France » *

- 2010 / ~ 5% de nos marchés de l'énergie, des matériaux et de la chimie sont biosourcés; (nb: Ce % est plus élevé pour le bois)
- 2030 / ~ 10% de ces mêmes marchés devraient être biosourcés; (Grenelle / Paquet énergie-climat / transition énergétique)
- Vers 2050... / ~ 20% de ces marchés et de l'économie de « l'après pétrole » pourraient être biosourcés ...



NB. Cette prospective aurait un impact majeur sur la régulation climatique. Elle dépendrait pour les approvisionnements à # 60% de la filière « forêt-bois », à # 30% de la filière « agriculture-IAA » et à # 10% des filières de bio-déchets.

>>> Exemple: 2030 en France, à propos de biomatériaux et de bioproduits !

* **Bois / Pailles / Fibres:** Construction, bardages et laines isolants, composites, papiers, emballages, décoration, textiles, moulages, xyl-chimie (produits variés), et nouvelles fonctionnalités, etc ... (sans oublier le caoutchouc et les dérivés de bio-déchets...)

* **Amidons et sucres (céréales, pommes de terre, betteraves, canne...):** Polymères, bio-plastiques, tensioactifs, solvants, adhésifs, cosmétiques, etc... (sans oublier l'alimentaire et les dérivés de bio-déchets...)

• **Acides gras (colza, tournesol, soja, huiles usagées, graisses animales...):** Savons, lubrifiants, solvants, encres et peintures, polymères, tensioactifs, etc... (sans oublier l'alimentaire et les dérivés de bio-déchets...)

POUR CELA.... > approvisionnements d'origine forêt /bois/ fibres (hors énergie):

40 Mt/an en 2010 >>> plus de 50 Mt/an vers 2030 ?

> approvisionnements d'origine agricole (hors énergie):

0,6 Mha en 2010 >>> doublement minimum vers 2030 ?

>>> *Exemple: 2030 en France,
à propos de bioénergies !*

Le paquet énergie-climat UE / France

- **Biocarburants:** vers 10% d'EnR dans les transports, soit ~4 Mtep/an* de biocarburants (G1/G2) sous garanties de durabilité, soit l'équivalent de ~2 Mha de cultures, ou encore 10% des grandes cultures françaises .

*NB (~0,2 Mtep en 2000; ~2 Mtep en 2010; valorisation conjointe de coproduits alimentaires et chimiques pour la G1).

- **Biocombustibles:** vers ~20 Mtep/an* (chaleur, biogaz, électricité), dont ~60% d'origine forestière et 30% d'origine agro-IAA .

*(~10 Mtep en 2010).

NB. Ces filières accompagnent le développement conjoint des productions alimentaires, des biomatériaux, et de la chimie du végétal dans le cadre des « bio-raffineries » ...

Une priorité: mobiliser et renouveler les bio-ressources!

*La « nouvelle » bio-économie française,
en marche depuis 20 ans !*

Outre l'agro-alimentaire (CA de 140 Mds €/an et 500 000 emplois)
et la filière bois-fibres traditionnelle (CA de 35 Mds €/an et 200 000 emplois),
les nouvelles filières de la bio-économie on atteint, en France, en 20 ans :

14 milliards € de chiffre d'affaires annuel et 70 000 emplois nouveaux...
(neo-matériaux, chimie, biocarburants, biocombustibles)

Les feuilles de route politico-stratégiques visent le doublement de ces performances
à l'horizon 2030, et leur quadruplement à l'horizon 2050 (facteur 4) !

*La France est déjà entrée (non sans résistances...)
dans une véritable logique d'économie verte, productive et
compétitive (la bio-économie), où elle se place parmi les cinq pays les plus
« bio-dynamiques » au Monde... (USA, Brésil, Chine, Allemagne, France)*

Les bio-énergies du Monde!

**Les énergies renouvelables représentent 19 % de la consommation énergétique finale mondiale.
Les trois quarts sont issus de la biomasse!**

L'AIE prévoit une très forte croissance des bio-filières énergétiques « modernes » dans le Monde.

- >>> **HORIZON 2035...**
- **Biocarburants: + 250% à + 700 %**
 - **Bio-chaleur industrielle ou urbaine: + 80 % à + 150 %**
 - **Bio-électricité: + 150 % à + 300 %**

**La biomasse occupe donc une place diversifiée et cruciale (2^{ème} rang)
dans l'évolution énergétique mondiale !**

Contributions énergétiques mondiales (M tep/an) -source AIE

	2010	2020	2030
Energies fossiles	> 9900 Mtep/an	> 11400 Mtep/an	> 12100 Mtep/an
Biomasse	1200	1500	1800
Nucléaire	800	1000	1200
Hydraulique	250	300	400
Autres renouvelables	50	200	500

Mais... la biomasse n'est pas QUE de l'énergie...!

La contrainte de l'espace en France...

**Pour atteindre les objectifs de nos feuilles de route, il faudrait
consacrer en France, à l'horizon 2050...**

- # 5 Millions d'hectares* (agricoles et **forestiers**) à des productions bio-énergétiques dédiées (biocarburants de G1 + G2, et bio-combustibles) ???
- # 2 Millions d'hectares* (agricoles et **forestiers**) à des productions de fibres / chimie dédiées ???

**(NB. la SAU française est de 30 Mha, dont les grandes cultures qui comptent pour 20 Mha. La forêt couvre 15 Mha) >>> La forêt devra impérativement faire partie intégrante de ce dispositif productif « bioéconomique », en France comme au niveau mondial (y compris en forêt tropicale), au même titre que l'agriculture et les biodéchets.*

** NB. POUR MEMOIRE... Au début du XX^e siècle, la planète comptait 1Mrd d'habitants. Les « cultures énergétiques » représentaient alors plus de 20% de la SAU française, sous forme surtout de fourrages pour les animaux de transport et de trait. Ces « fourrages énergétiques », véritables biocarburants, occupent encore 200 Mha dans le Monde entier, soit 15% de la SAU planétaire !...*

...et au niveau mondial... ?

-En 2050, il faudrait probablement consacrer dans le monde entre **400 et 600 millions d'hectares** (*ha agricoles et/ou forestiers*) à la production de « **carbone vert** » (énergie, chimie, matériaux), ceci pour pouvoir répondre à ~20 / 25 % des besoins de l'après pétrole ainsi qu'à ¼ des objectifs du « Facteur 4 »!

-Or, la surface agricole mondiale cultivée n'est que de 1600 Mha (*mais des terres marginales sont encore disponibles...*), et l'on devra en outre presque doubler dans le même temps la production agricole alimentaire mondiale pour faire face à la démographie...!

Il est donc dans tous les cas indispensable, mondialement, et dès aujourd'hui...:

* de **mettre en valeur** tout aussi **efficacement** (productivité) les surfaces forestières et les terres marginales que les terres agricoles. (e.g. pour la production de cellulose)

* de **maîtriser** nos consommations de viande / lait (qui sont très consommatrices en espaces productifs et en ressources végétales) et de convertir peut être à terme des pâturages en cultures (cf. scénario *Agrimonde*; mais attention au déstockage de carbone des sols ???...)

* de **sauvegarder** les récoltes et les stocks alimentaires (près de 30% sont détruits chaque année dans le Monde) tout en luttant contre le gaspillage alimentaire,

* de **développer** considérablement l'aquaculture marine.

3/ Pour une stratégie forêt-bois gagnante...

Conclusion: Comment se faire comprendre ?

Que veut donc dire compétitivité ?

- Les néo-matériaux et les molécules bio-sourcés (~ apparus dans les années 1980, sauf pour le bois-papier), tout comme les bioénergies, entrent sur des marchés établis, massifs, normés et organisés depuis un siècle (>>> barrières d'entrée)...
- ... Quoique renouvelables, les exigences de fonctionnalité qui leur sont imposées par ces marchés sont les mêmes que pour les produits en place (épuisables...), voire « supérieures »...
- Les externalités positives des filières du « carbone vert » (carbone, emploi, devises, risques...) n'ont pas encore de valeur reconnue et rémunérée sur le marché, sauf dans le cas très particulier du marché européen ETS des quotas CO₂ pour l'énergie.

>>> **Compétitivité:** peut-on alors comparer honnêtement, et sans réserves, le prix de deux produits d'usage équivalent, l'un épuisable, l'autre renouvelable ?

1^{er} exemple: Les positions croissantes du bois-fibres en France

- * Environ 3,3 % du bouquet énergétique national, ou l'équivalent de 6,5 % des consommations énergétiques « fossiles » (pétrole, gaz, charbon); **+++**
- * Environ 5 % des néo-matériaux, composites et bases chimiques; **++**
- * Environ 10 % des marchés des produits de construction; **++**
- * Environ 20 % des emballages; **+**
- * Environ 95/100 % des supports d'impression et d'édition; **=**

A fonctionnalité égale, la fabrication d'une structure-bois consomme
9 fois moins d'énergie que du béton, # 17 fois moins que son équivalent acier,
et # 48 fois moins que celle de son homologue en aluminium !

Une structure bois stocke en outre le carbone $-1 \text{ tCO}_2/\text{m}^3$, et devient en fin de
vie, après recyclage, un bio-combustible renouvelable en puissance $-0,25 \text{ tep}/\text{m}^3$ -

2^e exemple: Les filières bois combustible

- **2012** : # 30 Mm³/an de bois-bûche + 0,5 Mt/an de plaquettes + 0,5 Mt/an de
« pellets » (granulés) + 4 Mt/an de DIB (connexes et bois de récupération)
>>> 30 000 emplois !
- **Vers 2030..** : # 30 Mm³/an de bois bûche? + 15 Mt/an de plaquettes? 15 Mt/an
de DIB et pailles ? + 4 Mt/an de pellets, agro-pellets et combustibles dédiés?
>>> 50 / 60 000 emplois ?

*NB. **Chaudières bois** (industrie, collectivités, tertiaire, réseaux): env. 3500 sites existants
(+ 5 à 10% par an ; fonds chaleur)! Puissance moyenne de 1 à 2 MWth par site...
Cogénérations (industrie): # 20 sites existants; + 20 sites potentiels! Puissance
moyenne par site de 12 Mw elec. (soit 60 Mw therm.) ...

La valorisation énergétique de la biomasse peut créer une double valeur,
selon le client et selon le marché du carbone!

(valeur combustible # 60 €/t livrée + valeur CO₂ évité # 5 à 15 €/t livrée)

3^e exemple: les biocarburants

- * Une filière adolescente (20 ans), voulue et créée par le monde agricole et agro-industriel (contre vents et marées...), avec e.g. l'appui de l'IFP
- * Une filière « collective » et intégrée où la création de valeur est partagée entre l'amont agricole (colza, betteraves, céréales) et l'aval agro-industriel et pétrolier
- * Une filière « sans regrets » au vu de ses excellents bilans énergie /CO₂ (*quoiqu'on en dise!...*), au vu des emplois créés (20 000) et grâce à ses précieux co-produits protéiques de G1 (tourteaux, drèches, pulpes, ainsi que glycérine)

*0,2 Mt/an en 2000 >> 2 Mt/an en 2010 >> 4 Mt/an en 2030
(10% des carburants consommés seront biosourcés en 2030)*

- * Les biocarburants constituent la première filière industrielle « garantie durable » au monde (directive EnR-2009 sur les critères de durabilité)
- * Une filière de progrès et d'innovation ouvrant sur le futur des nouveaux carburants bio-sourcés et vers la chimie du végétal >> *Génération 2 valorisant des ressources ligno-cellulosiques.*
- * **Une filière où le monde agricole et celui du bois-fibres prennent les devants pour créer la deuxième génération de biocarburants (cellulosiques), challenge pour lequel la France est en pointe...** (ex. Génération 2 cellulosique : pilote Futuro1 pour la voie biologique-éthanol; pilote Bio-T-fioul pour la voie thermochimique-BtL....)

*La bio-économie repose pour les deux tiers
sur la valorisation des ressources
issues de la filière forêt-bois,
laquelle ne peut pas exister sans une forêt « efficace »,
productive, (mais aussi sobre et diversifiée...), et dont les
ressources sont effectivement exploitées et renouvelées...*

Ce que cache notre filière bois-fibres !

-La production forestière ne génère que ~ 10% de la valeur ajoutée et des emplois de la filière bois, mais elle conditionne en revanche (sauf importations) les 90% de valeur ajoutée et d'emplois qui sont générés en aval : *produire et récolter beaucoup sont de vraies responsabilités « durables » et prioritaires pour la forêt et les producteurs forestiers...*

-Le déficit commercial annuel de la filière bois (> 6 Mds €) n'est véritablement d'origine « bois-matière » qu'à hauteur de # 2,3 Mds €/an (importations de sciages, pâtes et produits du travail mécanique du bois; le solde constitue surtout un déficit de valeur ajoutée de 2e transformation): *Mais il faut savoir que ce déficit « bois-matière » porte en quasi totalité sur des produits résineux, soit # 10 Mm³/an d'équivalents bois ronds résineux qui sont importés...*

-80% des capacités totales de production industrielle à l'amont de la filière bois-fibres (1^{ère} transformation) se concentrent en fait dans moins de # 150 entreprises ! (Pâtes # 10; Panneaux # 20; Sciage # 100)

Exemple. L'enjeu clé de la construction

- Le bois représente ~10% des matériaux de construction en France (15% en Allemagne, 35% en Scandinavie et aux USA)
- Ce marché de la construction absorbe déjà, en France, 40% des panneaux et 65% des sciages utilisés (*pour l'essentiel résineux*)
- Les objectifs HQE / HPE / BBC... pour la construction en résidentiel / tertiaire sont des vrais « propulseurs » du bois-fibres. (*On vient d'inaugurer en France les premiers immeubles R+8 à ossature bois à St Dié et Paris*)
- Le marché du bois dans la construction progresse deux fois plus vite que le marché français de la construction lui même.
- **ENJEUX CLE:** ex. Les ressources résineuses, les BMR, les assemblages mixtes, les panneaux et composites fibreux, les colles non émissives, l'innovation dans les composants feuillus... ainsi que la formation, les bureaux d'études, les normes et certifications...

Ce que cache la forêt française !

>>> # 120 / 130 Mm³/an de production ligneuse brute renouvelable (*biomasse totale annuelle tous diamètres, y compris haies et bosquets*) >>> **4 m³/seconde; 4 tCO₂/seconde**

>>> # 70 Mm³/an sont prélevés pour l'industrie et pour l'énergie (toutes ressources)

>>> Une ressource brute théorique de # 50 Mm³/an n'est donc pas récoltée.....**MAIS....**

* ~15 Mm³/an ne seront pleinement disponibles qu'après # 2025-2030 (plantations FFN)

* ~15 Mm³/an sont de fait détruits ou physiquement « non mobilisables » ou inaccessibles

>>> Les filières-bois de l'industrie et de l'énergie disposeraient donc aujourd'hui d'une « réserve » d'approvisionnement supplémentaire disponible de # 20 Mm³/an (*mais plus chère à mobiliser, et surtout feuillue*). Cette ressource captable devrait encore **presque doubler d'ici 10/15 ans** (surtout en résineux / FFN). Il faudra prioritairement la **RENOUVELER** (reboisement, dont surtout en résineux)....

NE PAS OUBLIER : *la forêt française productive n'est pas si morcelée qu'on le dit !*
10 Mha et 25 Mm³/an, soit les 2/3 du total, dépendent de 400 000 propriétaires
et de 150 gestionnaires seulement... (L'ONF, 27 coopératives, 120 experts)

Exemple. Le reboisement gagnant-gagnant !

-La productivité à l'hectare des **peuplements résineux** est en France pratiquement le double de celle des **peuplements feuillus** (voire le triple pour nos 400 000 ha de douglas). Ils absorbent et séquestrent donc deux à trois fois plus de carbone atmosphérique dans l'espace et dans le temps...

-Or, la demande en produits résineux augmente structurellement, notamment pour la construction.

-Il manque l'équivalent de 10 Mm³/an de bois résineux à notre filière bois.

-Un tel volume pourrait être produit sur seulement 700 000 hectares de nouvelles plantations résineuses. Et il suffirait de 15 ans pour les planter à raison de + 50 000 ha/an de reboisement. Ces reboisements "libéreraient" dans le même temps +10 Mm³/an de volumes supplémentaires de petit bois (*surtout feuillus / marchés énergie et trituration*) préexistants sur les parcelles de taillis reboisées.

De nouveaux instruments juridiques et financiers sont nécessaires pour y parvenir, aux côtés des sylviculteurs:

-instruments dérivés du carbone ? (ex. *Projet FFSC de la profession, à reprendre...*)

-instruments dérivés des marchés et/ou des institutionnels ? (*Fonds chaleur, déjà mobilisé pour 30M€; Titrisation de l'usufruit du reboisement; Achat à terme des bois sur pied type OAD ...*)

-instruments issus d'une fiscalité révisée? (*Se réinterroger : quelle fiscalité, pour quelle sylviculture...?*)

-etc...

A méditer... en pensant à l'Allemagne!

*Surface forestière	France: 16 Mha /	Allemagne: 11 Mha
dont feuillus	11 Mha (68%) /	3 Mha (30%)
dont résineux	5 Mha (32%) /	8 Mha (70%)
*Récolte commerciale	40 Mm ³ /an	/ 48 Mm ³ /an *
*Production de sciages	10 Mm ³ /an	/ 25 Mm ³ /an *
		<i>* (dont l'essentiel en résineux)</i>

Éléments de conclusion

par Bernard **Roman-Amat**¹

Après ce brillant exposé et les échanges qui ont suivi, je vous propose quelques points qui appellent à mon avis réflexion et prolongements.

Tout d'abord, le domaine de la bio-économie étant très vaste, les décisions n'y sont pas aisées ; dans bien des domaines, les résultats à atteindre sont mal connus : rendement biologique, services environnementaux (carbone, eau..), emploi, valeur ajoutée, etc. Par ailleurs, telle action apparemment bénéfique peut avoir des conséquences non désirées en raison des multiples interactions à l'œuvre. Il me semble que les entreprises comme les pouvoirs publics ont donc un fort besoin d'indicateurs. Il s'agirait dans un premier temps de quantifier les résultats à attendre par domaine. La disponibilité de ces indicateurs analytiques permettrait dans un second temps d'évaluer globalement les projets ou les réalisations en intégrant, et en pondérant, toutes leurs facettes : il s'agira souvent de la recherche d'un optimum multi-critères plutôt que d'un maximum.

En second lieu, je ne peux m'empêcher de remarquer que je vis mon troisième «contre-choc pétrolier» en quarante ans. Les considérables fluctuations des prix de l'énergie d'origine fossile ne facilitent pas la tâche des producteurs d'énergie ou de matériaux concurrents du pétrole et de ses dérivés. Faut-il laisser faire le marché, et sa volatilité, en ces domaines ? Ne faut-il pas au contraire considérer que le développement des filières de la bio-économie, exigeant protection en phase initiale et stabilité sur la longue durée, appelle l'intervention des pouvoirs publics ? Et dans ce cas, le choix des instruments (prix administrés, taxes...), qui fait encore débat, doit être examiné attentivement.

En ce qui concerne plus précisément les forêts, l'affirmation d'une politique volontariste de production de bois aura des répercussions nombreuses et importantes. Elle fera d'abord émerger le besoin de vastes surfaces gérées intensivement. Comme notre secrétaire perpétuel l'a fait remarquer au cours de discussions en section « Bois et forêts », le concept de gestion multifonctionnelle de toutes les forêts françaises devra être pour le moins revisité. Ensuite, la mise, ou remise, en production de surfaces importantes de forêts imposera d'augmenter fortement les investissements et donc d'attirer à la forêt de nouveaux investisseurs, qui demanderont des garanties. Par ailleurs, certaines biomasses, notamment ligneuses, étant produites dans divers espaces (agricoles, forestiers, urbains), des circuits de récolte et valorisation appropriés devront être mis en place. Enfin, d'un point de vue géostratégique, la mise au point par la France, notamment en Guyane, d'une sylviculture orientée vers la production durable de bois en forêts tropicales pourrait intéresser de nombreux pays.

Le dernier sujet que j'ai relevé concerne l'acceptabilité sociale de cultures ou sylvicultures intensives de biomasse. Nos concitoyens, dans leur majorité, de plus en plus urbains et gagnés par le souci de conserver les espaces naturels, ne sont pas favorables à ces projets. Un effort permanent et important de communication en direction du grand public, et en particulier des jeunes, reste donc nécessaire. La section « bois et forêts »

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Directeur du centre de Nancy, AgroParisTech ENGREF.

de l'académie y apporte sa contribution par l'édition de l'ouvrage collectif « 100 questions sur la forêt et le bois », accessible sur le site de l'Académie.

Je vous remercie pour votre attention.

PRÉSENTATION DES TRAVAUX DES MÉDAILLÉS D'ARGENT

Lors de la séance solennelle de rentrée de l'Académie qui a eu lieu le 30 septembre dernier, des médailles d'argent destinées à récompenser une excellente thèse, dont l'analyse a été faite par l'Académie, ont été décernées à dix jeunes docteurs ayant soutenu leur thèse en 2014.

Comme le déroulé de la séance ne permettait pas qu'ils présentent leurs travaux, l'Académie a décidé d'y consacrer sa séance publique du 4 novembre 2015, de 15h à 17 h. Cela permettra aux participants de découvrir les avancées actuelles de la recherche dans certains domaines et les enseignements que les lauréats en ont tirés et les développements ultérieurs envisageables.

La séance comprendra 7 interventions de lauréats présentant leurs travaux, chacun en 10 minutes et 5 minutes de questions-réponses avec la salle.

Chacune des thèses des lauréats et les notes de recherche correspondantes sont sur le site de l'Académie d'agriculture www.academie-agriculture.fr

Sur proposition de chacune de ses dix sections thématiques, chaque année, l'Académie d'agriculture remet dix médailles d'argent destinées à récompenser une excellente thèse, dont l'analyse a été faite par l'Académie.

Cette année, pour la première fois, le Bureau a décidé de demander aux lauréats de venir présenter leurs travaux au cours de la séance libre de ce jour. Cette initiative s'inscrit dans les réflexions conduites au sein de notre compagnie afin de s'ouvrir aux jeunes chercheurs et de leur permettre de s'exprimer devant notre assemblée et de répondre à nos questions.

L'analyse de chaque thèse présentée, réalisée par un de nos membres, ainsi qu'une note de recherche présentée par un référent de notre compagnie, sont consultables sur le site Internet de l'Académie www.academie-agriculture.fr

Nous souhaitons aussi que cette séance soit l'occasion de faire connaître aux académiciens les recherches les plus novatrices et les plus intéressantes et d'alimenter les réflexions conduites au sein des sections et des groupes de travail. Je ne doute pas que cette séance contribue également à accroître la notoriété de l'Académie d'agriculture de France qui se positionne à l'interface de la science et de la société.

Enfin, j'encourage tous les membres de notre compagnie à nous faire connaître le plus grand nombre d'organismes qui accueillent des doctorants, dans les domaines de compétences de l'Académie, afin d'élargir le champ d'investigation des thèses susceptibles d'être sélectionnées par l'Académie pour recevoir une médaille d'argent.

Le Secrétaire perpétuel

Gérard Tendron

ATTRACTIVITÉ DES ALIMENTS ET CONSOMMATION ALIMENTAIRE CHEZ LES PERSONNES AGÉES SELON LEUR STATUT COGNITIF

par Virginie Pouyet¹

Avec le vieillissement de la population, on observe une augmentation des pathologies neurodégénératives liées à l'âge dont la plus représentée et la plus connue est la démence de type Alzheimer. La maladie d'Alzheimer est une maladie incurable se caractérisant par une perte progressive des capacités cognitives comme la mémoire, le raisonnement ou encore le langage. On estime aujourd'hui que plus de 850 000 personnes en France souffrent de la maladie d'Alzheimer ou maladies apparentées, chiffre qui devrait atteindre 1,3 millions à l'horizon 2020 (Ankri, 2006) ; en faisant un problème sociétal majeur.

L'alimentation constitue un des piliers pour améliorer la prise en charge et la qualité de vie des personnes âgées souffrant de troubles cognitifs. Tout d'abord parce que pour ces sujets, pourtant à risque de dénutrition, l'état nutritionnel a une influence forte sur le niveau de dépendance et l'état de santé général du malade (Gillette-Guyonnet, Lauque, & Ousset, 2005). Ensuite, parce que l'alimentation reste bien souvent une des dernières activités de la journée et donc une des dernières sources de plaisir ; surtout à un stade avancé de la maladie (Manthorpe & Watson, 2003).

1. Objectif

L'étude de la consommation et des préférences alimentaires des personnes âgées s'est aujourd'hui largement diversifiée étant donnée l'importance du marché que représentent les personnes âgées dans le secteur alimentaire. En revanche, peu d'études s'intéressent spécifiquement aux personnes âgées souffrant de troubles cognitifs ; davantage considérés comme des biais potentiels à l'analyse. Pourtant, les troubles cognitifs et notamment ceux touchant les sens et la mémoire peuvent modifier la façon dont les aliments sont perçus, appréciés et consommés (V Pouyet, Giboreau, Cuvelier, & Benattar, 2013).

Ce travail de recherche avait donc pour objectif de mieux comprendre les déterminants de l'appréciation et de la consommation alimentaire chez les sujets âgés, en considérant le niveau de leur atteinte cognitive et en développant des méthodologies d'étude (Virginie Pouyet, Cuvelier, Benattar, & Giboreau, 2015a) et des solutions alimentaires adaptées. Il a été conduit conjointement entre le centre de recherche de l'Institut Paul Bocuse, l'UMR GENIAL AgroParisTech-INRA et la Société ORPEA dans le cadre d'une convention CIFRE.

2. Lien entre l'appréciation et la consommation alimentaire selon le statut cognitif

Une première lecture des résultats de ce travail apporte un éclairage sur les moteurs de la consommation alimentaire chez les personnes âgées souffrant de troubles cognitifs.

L'appréciation et la consommation alimentaire ont été mesurées au cours de différentes prises alimentaires en institution gériatrique. Les résultats de l'analyse des liens entre ces deux variables montrent que plus un aliment est apprécié et plus il est consommé, et ce quel que soit le niveau d'atteinte cognitive des sujets (troubles cognitifs sévères, modérés ou sans troubles cognitifs majeurs) (Virginie Pouyet, Cuvelier, Benattar, & Giboreau, 2015b).

Une autre étude a été conduite sur le manger-main, alimentation spécifique adaptée aux difficultés à reconnaître et utiliser les couverts, observées notamment chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer. Cette étude montre que la modulation de certains paramètres de formulation et de présentation de manger-mains influence les choix et la consommation chez des patients atteints de la maladie d'Alzheimer (V Pouyet, Giboreau, Benattar, & Cuvelier, 2014).

Ces résultats amènent finalement à la conclusion suivante : jouer sur l'appréciation pour un aliment via la modulation de ses propriétés sensorielles, reste une stratégie pour favoriser la consommation alimentaire, même chez des sujets souffrant de troubles cognitifs.

¹ Chargée de projets scientifiques chez Nutrisens

3. Facteurs d'attractivité des aliments selon le statut cognitif

Une question demeure : les facteurs conduisant à l'appréciation alimentaire sont-ils les mêmes chez des sujets souffrant ou non de troubles cognitifs ?

Une première étude réalisée sur la base d'entretiens individuels a permis de mettre en évidence que des facteurs sensoriels, liés à l'aliment (comme l'aspect visuel ou encore la flaveur) mais aussi des facteurs cognitifs, liés au sujet, ses habitudes ou encore ses souvenirs, participent ensemble à l'appréciation des aliments chez les personnes âgées sans troubles cognitifs (Virginie Pouyet, Giboreau, Cuvelier, & Benattar, 2015).

Sur la base de ces résultats, une seconde étude a permis d'évaluer l'influence d'un facteur sensoriel : la flaveur, sur la consommation alimentaire de sujets âgés vivant en institution. Cette étude montre que l'enrichissement en flaveur d'un aliment permet d'augmenter la consommation alimentaire, et ce quels que soient les troubles cognitifs des sujets (Virginie Pouyet, Cuvelier, et al., 2015b).

Une troisième étude a ensuite permis d'évaluer l'influence d'un facteur cognitif : la familiarité pour un plat, sur la consommation alimentaire de sujets âgés vivant en institution. Cette étude montre qu'un plat familial (ex : lapin sauce pruneaux) est davantage consommé qu'un plat non familial des personnes âgées (ex : la volaille sauce aigre-douce) chez les personnes sans troubles cognitifs majeurs. En revanche, le résultat contraire est observé chez les personnes souffrant de troubles cognitifs : la familiarité ne semble plus avoir d'influence sur l'appréciation et donc sur la consommation chez ces sujets.

4. Conclusions

Les résultats de ce travail de thèse montrent que les mécanismes perceptifs conduisant à l'appréciation et à la consommation alimentaire se trouvent altérés chez les personnes âgées souffrant de troubles cognitifs. En effet, les facteurs sensoriels apparaissent prépondérants face aux facteurs cognitifs dans les mécanismes conduisant à l'appréciation chez les personnes souffrant de troubles cognitifs, tels que ceux observés dans la maladie d'Alzheimer. En revanche, l'appréciation reste toujours un moteur de la consommation alimentaire.

Ces résultats soulignent la nécessité de prendre en compte les troubles cognitifs des sujets dans l'adaptation de l'offre alimentaire : l'alimentation doit rester une source de plaisir quels que soient l'âge et la maladie.

L'optimisation des propriétés sensorielles des aliments apparaît comme un levier de la consommation alimentaire chez les sujets âgés quelles que soient leurs capacités cognitives. Alors que chez les sujets sans troubles cognitifs majeurs jouer sur des facteurs cognitifs, comme la familiarité pour un plat, favorise la consommation alimentaire, cette stratégie ne semble plus efficace chez les personnes âgées souffrant de troubles cognitifs.

Les résultats de ce travail de thèse suggèrent finalement que chez les sujets souffrant de la maladie d'Alzheimer et maladies apparentées, jouer sur la stimulation sensorielle serait la solution la plus efficace pour améliorer l'appréciation et favoriser la consommation alimentaire (en jouant par exemple sur la complexité en flaveur ou sur les contrastes de couleur).

5. Perspectives

Par son prisme pluridisciplinaire, ce travail de thèse ouvre la voie vers une meilleure compréhension des besoins des personnes souffrant de déficits cognitifs. Sachant que plus d'un nonagénaire sur quatre souffre d'une pathologie neurodégénérative, ne plus considérer la présence de troubles cognitifs comme un facteur d'exclusion mais l'intégrer dans nos cadres théoriques et d'analyse devient essentiel. En s'intéressant à des patients dont la cognition fait défaut, ce travail amène également un éclairage sur les mécanismes de la prise alimentaire et en particulier sur l'influence de la mémoire sur nos comportements alimentaires. Ainsi ce travail de thèse propose au regard de ses différentes lectures de nouvelles pistes de recherche sur l'étude du comportement alimentaire chez les personnes souffrant de la maladie d'Alzheimer et maladies apparentées.

Dans un second temps, ce travail de thèse apporte des pistes d'innovation pour les entreprises du secteur de l'agroalimentaire, de la diététique et de la santé. C'est dans ce sens que j'ai intégré le groupe

Nutrisens, groupe français qui conçoit, produit et distribue des aliments répondant à des besoins nutritionnels spécifiques et s'attachant à faire du plaisir une composante du bien manger et du bien vieillir. Dans mes nouvelles fonctions de chargée de projets scientifiques ma volonté et de valoriser ces travaux de recherche à travers deux actions : l'accompagnement des professionnels de santé et de la diététique dans la mise en œuvre de stratégies de prise en charge nutritionnelle, et le développement d'une offre spécifique aux personnes âgées souffrant de la maladie d'Alzheimer et maladies apparentées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) ANKRI J., 2006. – Épidémiologie des démences et de la maladie d'Alzheimer. Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire, **5-6**, 42–44.
- (2) GILLETTE-GUYONNET S., LAUQUE S., et OUSSET P. J., 2005. – Nutrition et maladie d'Alzheimer. Psychologie & NeuroPsychiatrie Du Vieillessement, **3**, 35–41.
- (3) MANTHORPE J. et WATSON R., 2003. – Poorly served? Eating and dementia. Journal of Advanced Nursing, **41**, 162–169.
- (4) POUYET V., CUVELIER G., BENATTAR L., et GIBOREAU A., 2015a. – A photographic method to measure food item intake. Validation in geriatric institutions. Appetite, **84**, 11–9.
- (5) POUYET V., CUVELIER G., BENATTAR L., et GIBOREAU A. 2015b. – Influence of flavour enhancement on food liking and consumption in older adults with poor, moderate or high cognitive status. Food Quality and Preference, **44**, 119–129.
- (6) POUYET V., GIBOREAU A., BENATTAR L. et CUVELIER G., 2014. – Attractiveness and consumption of finger foods in elderly Alzheimer's disease patients. Food Quality and Preference, **34**, 62–69.
- (7) POUYET, V., GIBOREAU, A., CUVELIER, G. et BENATTAR, L., 2013. – Perception, préférences et consommation alimentaires chez les personnes âgées atteintes de la maladie d'Alzheimer. Cliniques, **2**, 217–232.
- (8) POUYET V., GIBOREAU A., CUVELIER G. et BENATTAR L., 2015. – Les préférences culinaires des personnes âgées vivant en institution : facteurs d'appréciation sensoriels et cognitifs. Cahiers de Nutrition et de Diététique, *In press*.

CONTRÔLE GÉNÉTIQUE ET PHYSIOLOGIQUE DE LA PROLIFICITÉ EN RACE OVINE LACAUNE : IDENTIFICATION ET RÔLE FONCTIONNEL DU GÈNE *FECL*¹

par Camille Mansanet

De nos jours, les élevages ovins allaitants constituent une activité économique nationale de premier plan. Fragilisée par la conjoncture actuelle liée aux prix des aliments, les controverses sur la consommation de viande ou encore l'érosion des effectifs ovins, la profession s'est investie depuis quelques années dans le développement d'une action nationale de «Reconquête Ovine» dont les enjeux sont d'orienter les élevages vers des systèmes de production durables, alliant performance, rentabilité et respect de l'environnement.

Parmi les composantes pouvant influencer la performance, la productivité numérique apparaît évidente. Elle dépend en grande partie de la prolificité des brebis, à savoir le nombre d'agneaux nés par brebis et par mise bas. Ce critère zootechnique s'avère être très variable entre races ovines, avec l'existence de races de brebis dites prolifiques (portée de trois agneaux), et d'autres peu prolifiques (portée proche d'un agneau). Avec cette variabilité, l'objectif de la filière allaitante est de produire un optimum de 2 agneaux par portée et par brebis afin de garantir la rentabilité économique de l'élevage, tout en ayant recourt, dans un souci de respect de l'environnement, à des biotechnologies de la reproduction alternatives aux traitements hormonaux. Dans ce contexte, l'amélioration génétique de la prolificité afin de maintenir des animaux plus performants au sein des troupeaux apparaît comme un outil profitable permettant d'alimenter ce système durable.

La prolificité est considérée comme un caractère difficile à sélectionner puisqu'il s'agit d'un caractère peu héritable et polygénique, à savoir sous l'influence plus ou moins prononcée de plusieurs gènes ainsi que de facteurs environnementaux (Ricordeau *et al.*, 1990; Maijala et Österberg, 1977). Le gain issu de cette sélection génétique est par conséquent lent. Néanmoins, chez certaines races non prolifiques, l'observation de brebis avec des prolificités élevées a permis de mettre en lumière l'existence d'un déterminisme de type monogénique, pour lequel un seul gène, appelé gène à effet majeur ou encore gène de fécondité (*Fec*), contribue à lui seul à expliquer la variabilité de la taille de la portée (Fabre *et al.*, 2006 ; Vinet *et al.*, 2012). L'identification des gènes *Fec* et des mutations associées affectant la prolificité est particulièrement intéressante :

- d'une part, ils deviennent des marqueurs génétiques permettant une sélection génétique contrôlée et rapide. Avec la connaissance de la mutation et de son effet, il devient aisé de maîtriser la diffusion du gène d'intérêt dans les populations sélectionnées sur leur prolificité et de maintenir une production d'agneaux proche de l'optimum.

- d'autre part, comme la prolificité est en partie dépendante du nombre d'ovulations, les brebis porteuses de mutations dans les gènes *Fec* deviennent des modèles de prédilection dans la compréhension de la fonction ovarienne et des pathologies associées.

Parmi ces races ovines peu prolifiques présentant cette particularité, on retrouve la race Lacaune. Avec un effectif de 1,2 millions de brebis, la race Lacaune est la principale race en France puisqu'elle représente environ 20% du cheptel français. Elle comporte aussi bien des lignées dédiées à la production laitière (filiale « lait » destinée à la fabrication du fromage de Roquefort) qu'à l'élevage d'agneaux sous la mère (filiale « viande »). C'est au sein de la filière viande, qui fait l'objet de ce travail, qu'est observée une grande variabilité de la prolificité, avec la présence de brebis non prolifiques, présentant un fonctionnement ovarien normal (normo-ovulantes, 1-2 ovulations par cycle) et des brebis prolifiques (jusqu'à 8 agneaux par portée) présentant un fonctionnement ovarien modifié conduisant à de multiples ovulations (hyper-ovulantes).

¹ Soutenue le 10 décembre 2013 pour obtenir le grade de : Docteur de l'université François - Rabelais de Tours, dans le cadre de [Santé, Sciences Biologiques et Chimie du Vivant \(Centre-Val de Loire\)](#) , en partenariat avec SST/12/UMR CNRS INRA 7247 - PRC - Physiologie de la Reproduction et des Comportements (équipe de recherche).

Afin d'identifier la cause génétique de cette variabilité phénotypique, de précédents travaux de thèse ont associé l'hyper-prolificité à des marqueurs génétiques situés sur le chromosome 11 ovin. Des études additionnelles ont permis d'affiner cette localisation à une région de 250Kb dans laquelle se trouvent 5 gènes annotés (Drouilhet *et al.*, 2009). A partir de ces informations, il était nécessaire de poursuivre ce travail et de réduire davantage cette zone afin d'identifier le gène appelé *FecL* (gène de Fécondité en race Lacaune), la mutation causale *FecL^L* responsable de ce phénotype prolifique, et de comprendre son effet sur le gène *FecL*. Dans un second temps, il était important de comprendre les conséquences physiologiques liées à la présence de cette mutation sur la fonction ovarienne et le contrôle du nombre d'ovulation.

Afin de réduire au maximum la zone de localisation de *FecL* de 250Kb et d'isoler la mutation causale, nous avons entrepris un séquençage moderne à haut débit (NGS Roche 454) de cette zone chez une brebis normo-ovulante +/+ et chez une brebis hyper-ovulante mutée L/L. Une étude comparative des séquences +/+ et L/L obtenues nous a *in fine* permis de réduire la zone où se trouve la mutation prolifique *FecL^L* à 194,6Kb (Figure 1).

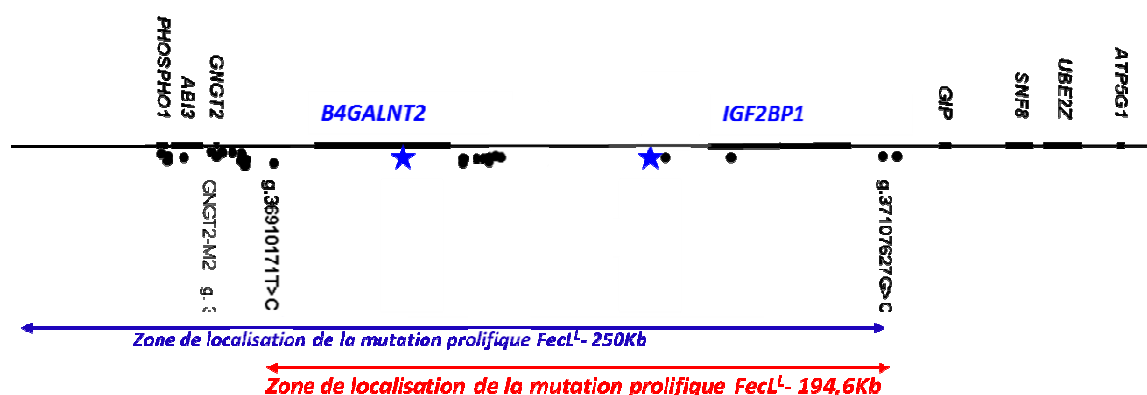


Figure 1. Carte du locus *FecL* sur le chromosome 11 ovin

Rectangles et ronds : gènes et marqueurs respectivement, étoiles : les deux mutations potentielles

Cette zone ne comprend plus que 2 gènes candidats positionnels, *IGF2BP1* et *B4GALNT2*, et deux mutations susceptibles d'être causales. Ces mutations ne touchent pas de séquences codant pour les protéines, elles n'affectent donc pas directement la nature des protéines codées par ces deux gènes. Néanmoins le mécanisme avec lequel elles affectent les gènes candidats reste encore incompris.

Puisque les approches de génétique ne nous ont pas permis d'isoler un des deux gènes comme étant le gène *FecL*, nous avons choisi de tirer partie de l'étude de leur expression pour parvenir à les discriminer. *IGF2BP1* (insulin-like growth factor 2 mRNA binding protein 1) code pour une protéine de liaison aux ARNm dont l'expression est ubiquiste, alors que *B4GALNT2* (beta-1,4-N-acetyl-galactosaminyl transferase 2) code pour une enzyme de glycosylation qui transfère des sucres sur des glycoprotéines cibles et son expression est intestinale. Aucun de ces deux gènes, ni les protéines qu'ils codent, n'ont été montrés comme ayant un rôle important dans l'axe reproducteur hypothalamo-hypophyso-ovarien. Pourtant les analyses de l'expression de ces deux gènes au niveau des ARNm révèlent un effet de la mutation dans les ovaires des brebis mutées L/L. Cet effet se traduit par une surexpression des deux gènes dans les cellules ovariennes L/L, de 6 fois pour *IGF2BP1*, de 1000 fois et de manière ectopique par rapport à son tissu d'origine pour *B4GALNT2* (Drouilhet et Mansanet, 2013) (Figure 2).

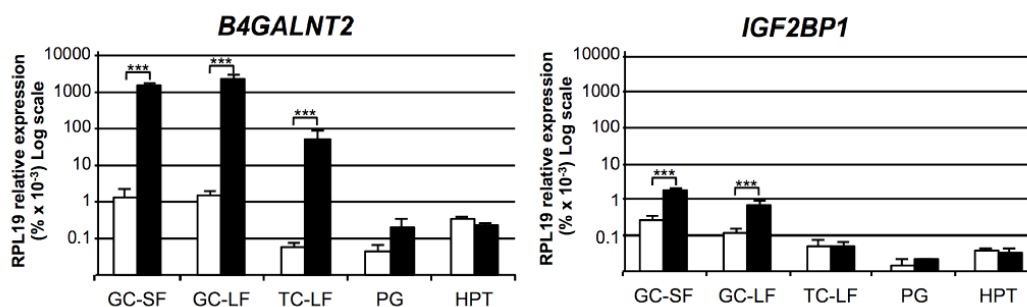


Figure 2. Analyse de l'expression des gènes situés dans le locus minimal de *FecL* par RT-PCR en temps réel

GC-SF et GC-LF : cellules ovariennes de granulosa, de petits (SF) et gros (LF) follicules, TC-LF : cellules ovariennes de la thèque de gros follicules, PG : hypophyse, HPT : hypothalamus

De manière intéressante, seule la forte surexpression des ARNm de *B4GALNT2* observée dans les ovaires L/L se répercute au niveau de la protéine comme le montrent les expériences d'immuno-histochimies (Figure 3). Nous avons donc émis l'hypothèse que *B4GALNT2* serait le meilleur candidat pour être le gène *FecL* en race ovine Lacaune.

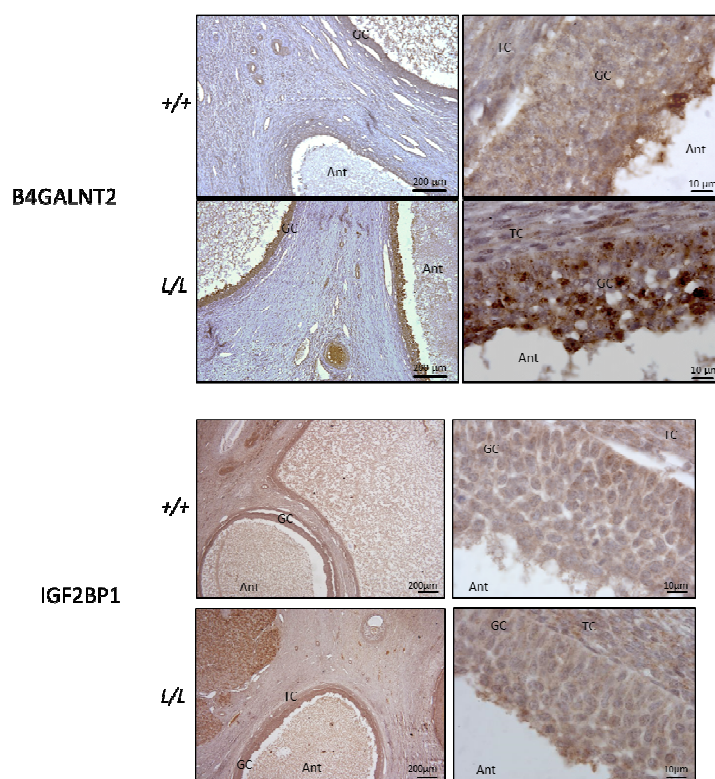


Figure 3. Immunomarquage d'IGF2BP1 et de B4GALNT2 dans les ovaires de brebis Lacaune +/+ et L/L
GC : cellules de granulosa, TC : cellules de la thèque, Ant : antrum.

Pour aller plus loin, nous nous sommes intéressés à l'activité de glycosylation de B4GALNT2. En utilisant une lectine reconnaissant spécifiquement les résidus sucrés transférés par cette enzyme (lectine DBA Dolichos Biflorus Agglutinin), il a été possible de mettre en évidence par lectine-histochimie (Figure 4) et Western blot (Figure 5), que son activité de glycosylation se retrouvait exclusivement dans les cellules ovariennes L/L et que les cibles glycosylées par B4GALNT2 pouvaient être sécrétées dans les liquides folliculaires des ovaires de brebis mutantes. Ce résultat démontre donc la présence d'une activité spécifique de B4GALNT2 uniquement chez les brebis prolifères mutantes. Il a donc été admis que la glycosylation

atypique des protéines dans les cellules ovariennes des brebis mutantes était ainsi à la base du mécanisme conduisant à l'augmentation du taux d'ovulation qui caractérise les brebis Lacaune *FecL^L*.

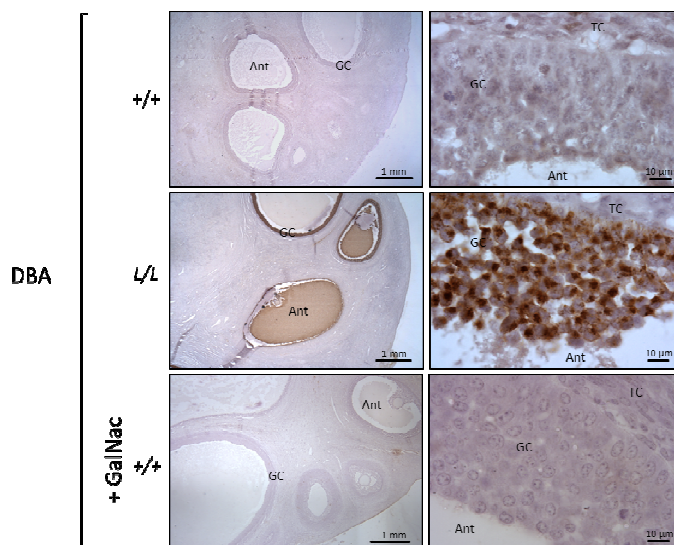


Figure 4. Activité transférase de B4GALNT2 révélée à l'aide d'un marquage par la lectine DBA dans les ovaires de brebis Lacaune +/+ et L/L

GC : cellules de granulosa, TC : cellules de la thèque, Ant : antrum.

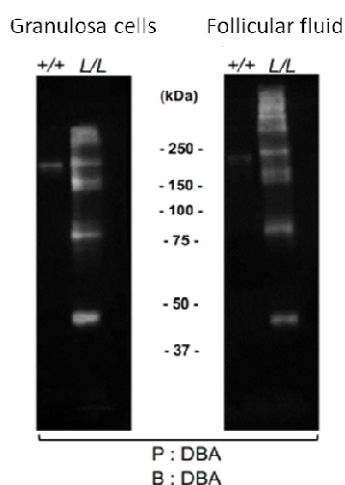


Figure 5. Analyse par Western Immuno-blotting de l'activité transférase de B4GALNT2 dans les cellules de granulosa et les liquides folliculaires de brebis Lacaune +/+ et L/L

Précipitation (P) par la lectine DBA des glycoprotéines cibles de B4GALNT2 à partir d'extraits protéiques de cellules de granulosa et de liquide folliculaire de gros follicules à antrum. Les glycoprotéines purifiées ont été analysées par western-blotting (blotting, B) à l'aide de la lectine DBA biotinylée.

Nous avons ensuite tiré parti du gel de western blot en isolant de celui-ci les protéines glycosylées par B4GALNT2 retrouvées dans les liquides folliculaires L/L pour les identifier par spectrométrie de masse. Nous avons ainsi mis en évidence 10 glycoprotéines, présumées comme les principales cibles de la glycosylation par B4GALNT2. Parmi ces cibles, nous trouvons les sous-unités α et β a de l'inhibine qui conduisent à la formation de l'Activine et de l'inhibine A, deux hormones importantes pour la régulation de la fonction ovarienne (Knight et al., 2012). Toutes deux régulent notamment, de manière antagoniste, la libération de l'hormone folliculo-stimulante (FSH) au niveau de l'hypophyse, qui elle-même contrôle la croissance et la maturation des follicules ovariens. L'inhibine et l'activine A constituent de fait des candidates privilégiées pour expliquer l'augmentation du taux d'ovulation qui caractérise les brebis Lacaune mutées.

Au niveau des follicules ovariens, l'ensemble des mesures réalisées est en faveur d'une production et d'une accumulation plus importante de l'inhibine A chez les brebis mutées, qui se répercute sur la quantité moyenne d'inhibine A ovarienne par animal, 3 fois plus importante chez les brebis L/L que chez les brebis +/+ (Figure 6A). Mais de manière inattendue, cette plus forte production d'inhibine A ovarienne ne se retrouve pas au niveau plasmatique. Bien au contraire, les concentrations circulantes d'inhibine A sont 3 fois moins importantes chez les brebis L/L en comparaison des brebis +/+ (figure 6B). Il semblerait donc que chez les brebis *FecL^L*, la glycosylation atypique de l'inhibine A altère sa biodisponibilité endocrine, que ce soit par un mécanisme de rétention dans les follicules ovariens et/ou une clairance plus élevée dans le plasma, telle est encore la question. Étonnamment, la concentration circulante 3 fois moins importante d'inhibine A chez les brebis L/L n'a pas de répercussion sur les profils endocriniens de l'axe reproductif, notamment sur les concentrations circulantes de FSH (figure 6C) qui restent identiques à celles des brebis +/+. Il semblerait donc que chez les brebis *FecL^L*, la glycosylation atypique de l'inhibine A module sa bio-activité.

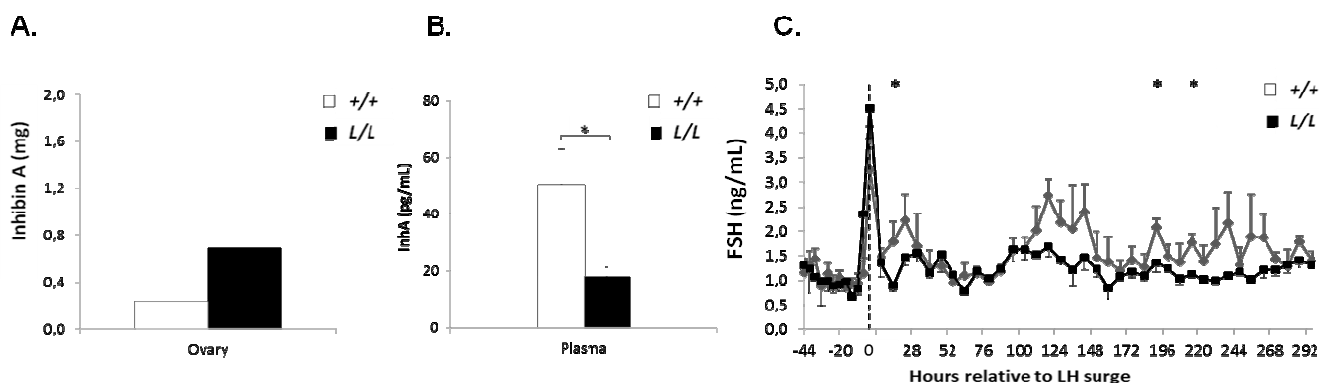


Figure 6. A. Estimation de la production ovarienne en Inhibine A chez des brebis Lacaune +/+ et L/L. Cette estimation prend en compte le nombre moyen de follicules par classe et par animal (+/+ ou L/L), le volume moyen d'un follicule et la concentration en inhibine A intra-folliculaire pour les différentes classes. La somme des quantités moyennes d'inhibine A contenues dans toutes les classes permet ensuite d'obtenir une quantité ovarienne d'inhibine A. B. Concentrations plasmatiques d'inhibine A en phase folliculaire, sur des brebis Lacaune dont le cycle oestrien a été synchronisé. C. Evolution des concentrations plasmatiques moyennes de FSH au cours d'un cycle oestrien synchronisé chez des brebis Lacaune +/+ et L/L.

Ce changement de biodisponibilité et /ou de bio-activité de l'inhibine A, pourrait modifier son rôle dans la régulation de la fonction ovarienne et ainsi conduire à une augmentation du nombre d'ovulations chez les brebis hyper-prolifériques L/L (Mansanet, 2013).

En conclusion, pour répondre aux objectifs l'association de multiples approches de génétique, de biologie fonctionnelle et de physiologie m'a permis d'identifier deux mutations constituant l'haplotype causal *FecL^L* et *B4GALNT2* comme étant le gène *FecL*. La mutation induit la surexpression de *B4GALNT2* dans les ovaires, ce qui conduit à la glycosylation atypique de l'inhibine A qui *in fine* voit sa bio-disponibilité et/ou sa bio-activité changées. Ces changements conduisent par des mécanismes encore non identifiés à l'augmentation du nombre d'ovulations à l'origine du phénotype hyperproliférique chez les brebis mutées L/L.

L'information génétique acquise à été suffisante pour une perspective appliquée dans le domaine agronomique, avec le développement à grande échelle d'un nouveau test ADN pour le génotypage des animaux Lacaune par des entreprises de sélection de la race. Grâce à ce génotypage systématique, il a été possible de mieux comprendre la diffusion de la mutation dans les cheptels et ses conséquences (Martin *et al.*, 2014), et donc de proposer le schéma de sélection permettant de garantir une rentabilité économique durable. En race Lacaune, il a ainsi été préconisé de maintenir 50% de brebis hétérozygotes mutées dans les troupeaux pour obtenir l'optimum économique. Cette sélection assistée par marqueur devient alors un outil de gestion précis et rapide de la prolificité au sein des schémas de sélection de la race. Il a par ailleurs permis de mettre en évidence la présence de la mutation *FecL^L* dans d'autres races (Noire du Velay, ...) et donc de mettre en place ce même travail d'accompagnement dans les schémas de sélection de ces races.

D'un point de vue cognitif, ce travail a mis en évidence la glycosylation comme un nouveau mécanisme de contrôle du nombre d'ovulation. Il reste encore à comprendre comment une glycosylation peut moduler le rôle d'une hormone. D'un point de vue appliqué, ce travail chez la brebis Lacaune pourrait ouvrir de nouvelles perspectives dans le domaine de la procréation médicalement assistée, en s'intéressant aux glycosylations atypiques qui pourraient accompagner les dysfonctionnements ovariens. Cela pourrait permettre d'identifier de nouveaux gènes cibles et leurs mutations associées à des cas d'infertilité ou de subfertilité comme les insuffisances ovariennes précoces ou encore les syndromes d'ovaires polykystiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) DROUILHET L, LECERF F, BODIN L, FABRE S, MULSANT P., 2009. – Fine mapping of the FecL locus influencing prolificacy in Lacaune sheep. *Animal genetics*; **40**, 804-812.
- (2) DROUILHET L*, MANSANET C*, DROUILHET L*, SARRY J, TABET K, BARDOU P, WOLOSZYN F, LLUCH J, HARICHAUX G, VIGUIÉ C, MONNIAUX D, BODIN L, MULSANT P, FABRE S., 2013. – The highly prolific phenotype of Lacaune sheep is associated with an ectopic expression of the B4GALNT2 gene within the ovary. *PLoS Genet.* **9**(9).
- (3) FABRE S, PIERRE A, MULSANT P, BODIN L, DI PASQUALE E, PERSANI L, MONGET P, MONNIAUX D., 2006. – Regulation of ovulation rate in mammals: contribution of sheep genetic models. *Reproductive biology and endocrinology : RB&E*, **4**, 20.
- (4) KNIGHT PG, SATCHELL L, GLISTER C., 2012. – Intra-ovarian roles of activins and inhibins. *Molecular and cellular endocrinology*. **359**, 53-65.
- (5) MAIJALA K, ÖSTERBERG S., 1977. – Productivity of pure Finnsheep in Finland and abroad. *Livestock Production Science*, **4**, 355-377.
- (6) MANSANET C., 2013. – Contrôle génétique et physiologique de la prolificité en race ovine Lacaune : caractérisation de la mutation causale et rôle fonctionnel du gène FecL. (*Thèse de doctorat en Sciences de la vie et de la santé : Université de Tours*).150 p. Disponible sur https://onedrive.live.com/redir?resid=3359827EAAE98448!11972&authkey=!AM_ubxPEM_Dhh6g&ithint=file%2cpdf
Analyse disponible sur <http://academie-agriculture.fr/publications/presentation-theses>
- (7) MARTIN P, RAOUL J, BODIN L., 2014. – Effects of the FecL major gene in the Lacaune meat sheep population. *Genetics Selection Evolution*; 46,48.
- (8) RICORDEAU G, THIMONIER J, POIVEY J, DRIANCOURT M, HOCHEREAU-DE-REVIERS M, TCHAMITCHIAN L., 1990. – INRA. Research on the Romanov sheep breed in France : a review. *Livestock Production Science*; **24**, 305-332.
- (9) VINET A, DROUILHET L, BODIN L, MULSANT P, FABRE S, PHOCAS F., 2012. – Genetic control of multiple births in low ovulating mammalian species. *Mammalian genome : official journal of the International Mammalian Genome Society*; **23**, 727-740.

ÉTUDE DE LA SYNTHÈSE DU RESVÉRATROL ET DE SES DÉRIVÉS (VINIFÉRINES) PAR DES SUSPENSIONS DE CELLULES DE VIGNE ET OPTIMISATION DE LA PRODUCTION EN BIORÉACTEUR¹

par Thomas **Chastang**

Introduction

Le resvératrol et ses dérivés (notamment les viniférines) sont présents dans de nombreuses plantes aussi variées que des fruits rouges, les arachides, certains pins, la renouée du Japon ou encore la vigne. Leur synthèse représente pour les plantes un moyen de défense naturel contre les agressions. En effet, celles-ci les produisent généralement lorsqu'elles détectent la présence d'un champignon pathogène (mildiou, oïdium, pourriture grise...). Ce processus naturel, appelé élicitation (stimulation des défenses de la plante), peut être reproduit en laboratoire, ce qui a permis une étude plus approfondie de la production du resvératrol.

Par son pouvoir anti-oxydant, le resvératrol a éveillé de nombreux intérêts depuis quelques décennies. En effet, sa découverte dans le vin a contribué à porter un regard nouveau sur la molécule [1]. Le rôle majeur qu'il semble jouer dans les effets bénéfiques sur la santé que confère une consommation modérée de vin rouge est désormais largement connu sous le nom de « *French Paradox* » [2, 3, 4, 5, 6]. Cette publicité a trouvé des résonances dans plusieurs secteurs, comme ceux des produits cosmétiques et des compléments alimentaires et même le domaine pharmaceutique. Plusieurs produits formulés à partir du resvératrol sont aujourd'hui couramment commercialisés, ce qui montre la concrétisation d'un tel succès. Les effets protecteurs du resvératrol contre de nombreuses affections (maladies cardiovasculaires, cancers, obésité, diabète, infections virales, maladies neurodégénératives) sont l'objet d'études prometteuses quant à de possibles applications comme médicament.

L'intérêt porté au resvératrol a posé la question de sa production à l'échelle industrielle. Actuellement, celui-ci est extrait à l'aide de solvants à partir des sarments de vigne ou des rhizomes de la renouée du Japon. Mais ces procédés posent de sérieux problèmes écologiques. Il est donc intéressant de se tourner vers des voies alternatives pour la production à grande échelle. L'obtention du resvératrol par des cellules de vigne, cultivées en suspension dans un milieu nutritif liquide, s'est révélé être un moyen particulièrement avantageux pour cela.

Le travail présenté ici s'est intéressé à cette dernière solution. Il a commencé par une étude des cellules de vigne cultivées en fioles. Chaque fiole contient 100 millilitres de suspension cellulaire, échelle qui est habituellement utilisée en laboratoire. Le choix de l'éliciteur (molécule utilisée pour déclencher la synthèse) s'est porté sur le méthyljasmonate. Nous avons également eu l'occasion d'examiner l'influence d'un autre éliciteur, la cyclodextrine.

L'étude a ensuite été transposée à l'échelle de la culture en bioréacteur de 5 litres (cuve en verre fermée hermétiquement et maintenue stérile), premier pas vers la bioproduction. Ceci a permis un suivi détaillé, sur une plus longue durée (800 heures = 33 jours) de la croissance de la biomasse et de la production du resvératrol.

L'ensemble de ces travaux donne ainsi un éclairage sur les pistes à suivre pour obtenir des concentrations élevées de resvératrol, et pose les bases théoriques nécessaires au changement d'échelle vers la production industrielle.

¹ Thèse soutenue le 24-03-2014 à [Châtenay-Malabry, École centrale de Paris](#), dans le cadre de [École doctorale Sciences pour l'Ingénieur \(École Centrale Paris\)](#), en partenariat avec [Laboratoire de génie des procédés et matériaux \(Châtenay-Malabry, Hauts de Seine\)](#) (laboratoire).

Étude en fioles (100 millilitres de suspension)

Le travail accompli a d'abord consisté à étudier les cellules de vigne en les cultivant en suspension dans un milieu nutritif liquide, dans des fioles contenant 100 millilitres de suspension. Cette étude a eu pour objectif de mieux connaître le comportement de deux souches de vigne (41B et Concord) en faisant varier différents paramètres.

Les premiers essais en fiole ont concerné la variété 41B, déjà cultivée et caractérisée au laboratoire. L'objectif de ces expériences était de confirmer l'effet éliciteur du méthyljasmonate sur la souche et d'essayer un nouveau type de molécule élicitrice, la cyclodextrine. Cette dernière a été testée seule, afin de comparer son influence à celle du méthyljasmonate seul. La cyclodextrine a ensuite été utilisée combinée au méthyljasmonate (double élicitation).

L'élicitation par le méthyljasmonate seul donne des concentrations relativement faibles de resvératrol (4,9 milligrammes par litre en moyenne). En revanche, la cyclodextrine permet d'obtenir des concentrations près de 25 fois plus élevées (120 milligrammes par litre en moyenne). Enfin, la double élicitation donne des concentrations record (plus de 1,7 gramme par litre en moyenne et plus de 2,5 grammes par litre sur certains essais). Les mêmes essais ont été menés sur la souche Concord. Les résultats obtenus sur cette souche confirment ce qui précède.

Puisque la variété Concord produit du resvératrol dans les mêmes proportions que la variété 41B, nous avons cherché à l'étudier plus précisément. Voici, ci-après, la caractérisation de sa croissance en fiole. Comme les cellules suivent une croissance exponentielle, la biomasse est multipliée par deux au bout d'une période appelée temps de doublement. Ce temps de doublement a été déterminé (Figure 1A, en échelle semi logarithmique). Il est de 3,1 jours. La croissance s'arrête lorsque la biomasse (masse fraîche) atteint 428 grammes par litre ; cette phase stationnaire est due à l'épuisement du sucre dans le milieu de culture.

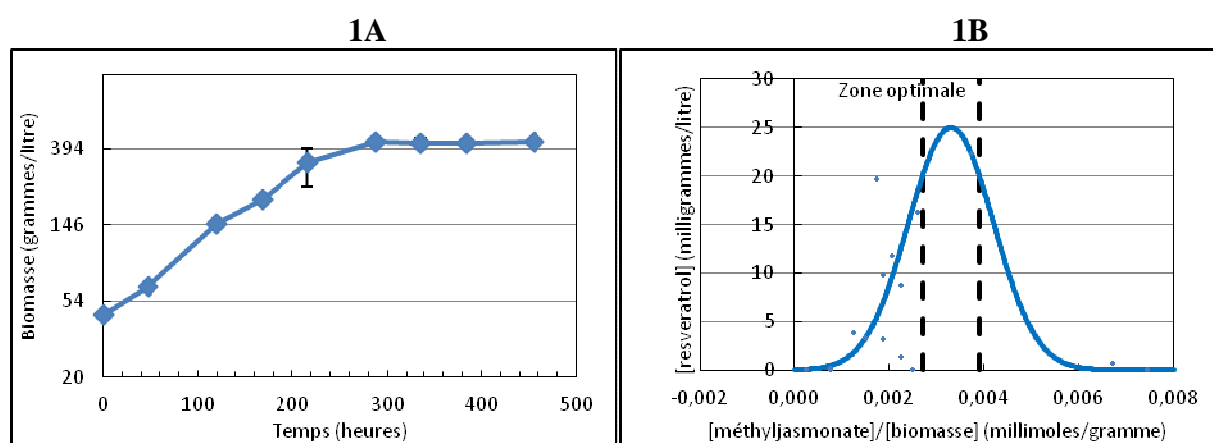


Figure 1A : Croissance des cellules Concord, en fiole, représentation semi-logarithmique.

Figure 1B : Influence du rapport [méthyljasmonate]/[biomasse] sur la production de resvératrol.

Suite à ces résultats préliminaires, une deuxième série d'expérimentations a été effectuée pour connaître plus précisément la réponse de la souche Concord dans différentes circonstances. Les paramètres que l'on peut faire varier sont les suivants : la concentration de la biomasse dans la suspension, le délai entre la mise en culture et l'élicitation au méthyljasmonate (phase de croissance sans éliciteur), la concentration en méthyljasmonate et enfin la durée entre l'élicitation au méthyljasmonate et l'arrêt de l'expérience.

Un paramètre est ressorti comme déterminant : c'est le rapport entre les concentrations de méthyljasmonate et de biomasse (noté $[\text{méthyljasmonate}] / [\text{biomasse}]$). La figure 1B exprime la valeur de la concentration de resvératrol en fonction de ce rapport.

On peut ainsi déterminer une zone de rapport optimal $[\text{méthyljasmonate}] / [\text{biomasse}]$ pour la production de resvératrol qui se trouve entre 0,003 et 0,004 millimoles/gramme.

L'autre aspect qui ressort de l'étude des suspensions en fioles est la grande production de resvératrol consécutive à l'action de la cyclodextrine. Celle-ci est encore plus marquée dans le cas de la double élicitation (cyclodextrine – méthyljasmonate).

Concernant la variété de vigne utilisée pour produire le resvératrol, notre choix s'est porté sur la souche Concord qui a une croissance rapide et se montre résistante au stress mécanique. Elle est donc particulièrement bien adaptée pour l'étude en bioréacteur qui est abordée dans ce qui suit.

Étude en bioréacteur de 5 litres

Après son étude en fioles (100 millilitres), la culture des cellules de la variété Concord a été continuée à l'échelle de 5 litres afin de s'orienter vers un procédé de bioproduction du resvératrol. Les cultures réalisées en bioréacteur ont été utilisées pour mesurer et modéliser la production de resvératrol, provoquée par l'élicitation de la culture au méthyljasmonate.

Les cultures de cellules végétales nécessitent un taux d'ensemencement élevé (concentration de biomasse au moment de la mise en culture), de l'ordre de 2 grammes de masse sèche par litre, contrairement aux cultures de micro-organismes couramment utilisés dans l'industrie et dont la croissance est beaucoup plus rapide. Dans notre expérience, le bioréacteur estensemencé par des suspensions cultivées en fioles auxquelles on ajoute du milieu de culture jusqu'à obtenir le volume souhaité. L'ensemencement direct de 5 litres aurait requis un volume substantiel de suspensions cellulaires en fioles. Ce problème a été contourné en ensemençant un plus petit volume de milieu, puis en procédant à deux ajouts de milieu au cours de la culture. Ceci a laissé le temps aux cellules de coloniser la totalité du volume, en trois phases de croissance.

Trois cultures de cellules de vigne ont ainsi été menées en bioréacteur. Pour chacune de ces cultures, la quantité de biomasse a été tracée en fonction du temps (Figure 2A). Les cellules suivent une croissance exponentielle. Ainsi, la biomasse est multipliée par deux au bout d'une période appelée temps de doublement. Ce temps de doublement a été mesuré pour chacune des cultures. Il est en moyenne de 3,4 jours (variant de 3,1 à 3,8 jours). La phase de croissance de la biomasse s'est étendue sur environ deux semaines (330 heures) jusqu'à l'élicitation (injection du méthyljasmonate pour déclencher la production du resvératrol), moment auquel la croissance cesse d'être exponentielle. Cependant, même si elle n'est plus exponentielle, la croissance s'est prolongée jusqu'à trois semaines de culture (500 heures), atteignant 45 grammes de biomasse (en masse sèche) dans 5 litres de culture. La capacité des cellules végétales à croître en quantité suffisante est un aspect critique de leur culture en bioréacteur. Il n'est pas évident de transférer en bioréacteur, un protocole de croissance en fioles. Ceci peut être un obstacle pour monter en échelle. Les concentrations de biomasse ont atteint, dans nos expériences, 7 à 10 grammes de masse sèche par litre, ce qui est honorable à cette échelle. Pour la 3^e expérience, une courte phase stationnaire (arrêt provisoire de la croissance) a été observée immédiatement après le premier ajout de milieu (entre 150 et 180 heures, figure 2A, courbe verte). La croissance a été plus rapide après la phase stationnaire qu'avant. Deux temps de doublement différents ont donc été mesurés pour cette expérience. Ainsi, dans les trois expériences, quatre phases de croissance exponentielle ont été relevées.

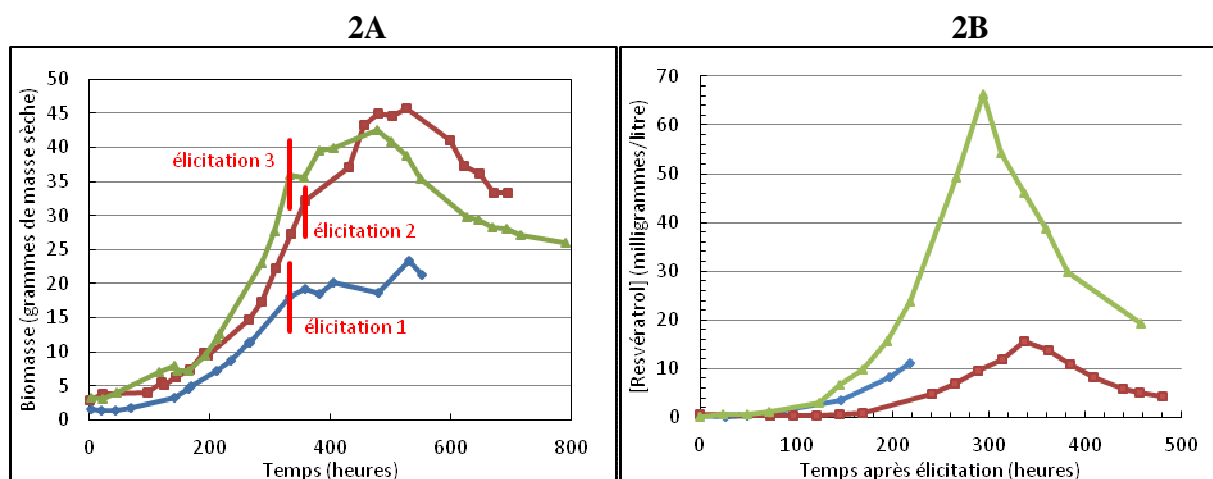


Figure 2A : Profil de croissance des cellules végétales Concord en bioréacteur de 5 litres.

Figure 2B : Production de resvératrol après élicitation.

En bleu : 1^{er} essai. En rouge : 2^e essai. En vert : 3^e essai.

La concentration du resvératrol dans le milieu est restée à peu près nulle pendant les premiers jours qui ont suivi l'élicitation, 3 à 7 jours (71 à 169 heures) selon les expériences (Figure 2B). Cette concentration a ensuite augmenté selon une progression non linéaire jusqu'à un maximum (16 à 66 milligrammes par litres ; 294 à 336 heures après élicitation). Après avoir atteint ce pic, la concentration du resvératrol a diminué de

façon également non linéaire. Ce profil a été observé pour la deuxième et la troisième expérience alors que la première expérience a été arrêtée avant d'atteindre la concentration maximale de resvératrol.

Discussion générale

L'étude du comportement de la souche Concord en bioréacteur a permis de poser des bases pour mieux définir un éventuel procédé de bioproduction. Nous avons montré que la cinétique de synthèse du resvératrol se prête très bien à un premier travail de modélisation. La principale limite est, en revanche, la trop faible quantité de resvératrol produite lors des trois essais décrits. Mais il faut préciser que le procédé est loin d'être optimisé et que de nombreuses interrogations attendent encore une réponse. Ainsi, faut-il prolonger la phase de croissance précédant l'élicitation pour maximiser la biomasse productrice ou au contraire éliciter au plus tôt ? Comment ajuster la concentration de l'éliciteur ? Peut-on prévoir précisément le moment où la concentration en resvératrol sera maximale ? Quelle proportion réelle de resvératrol reste piégée dans les cellules ? Faut-il provoquer la lyse (destruction) de ces dernières pour libérer davantage de resvératrol ? Quel est le mécanisme d'excrétion du resvératrol ? Est-il passif (diffusion à travers la paroi cellulaire), actif (provoqué par la cellule) ou les deux à la fois ? Peut-on jouer sur ce mécanisme pour améliorer la production ? Plus en amont, quel est le lien entre les modèles que nous avons développés et les mécanismes de synthèse du resvératrol, notamment la synthèse et l'activation des enzymes responsable de sa production dans la cellule ?

Une étude par microscopie nous a permis d'apporter un éclairage important concernant la localisation de la synthèse du resvératrol à l'échelle de la cellule. Des cellules de vigne ayant subi un traitement éliciteur ont été éclairées par un rayonnement laser. Le resvératrol émet alors un signal de fluorescence (pour le protocole détaillé, voir [7]). Le type de microscopie utilisé (microscopie confocale) permet d'obtenir une image plan par plan des cellules. La figure 3A montre une superposition de l'observation par microscopie confocale (en bleu) et par microscopie classique (en gris). Elle permet de montrer que le resvératrol s'accumule autour du noyau et de la paroi cellulaire, probablement dans le cytosol (mince couche de liquide se trouvant le long de la paroi et du noyau). La figure 3B montre l'observation confocale seule, où il est manifeste que le resvératrol ne s'accumule pas dans la vacuole (grand espace sombre au centre de la cellule, rempli de liquide). Cette présence préférentiellement périphérique dans la cellule est en accord avec la fonction du resvératrol. Cette molécule de défense doit en effet se trouver en première ligne en cas d'attaque de la cellule par un champignon ou une bactérie.

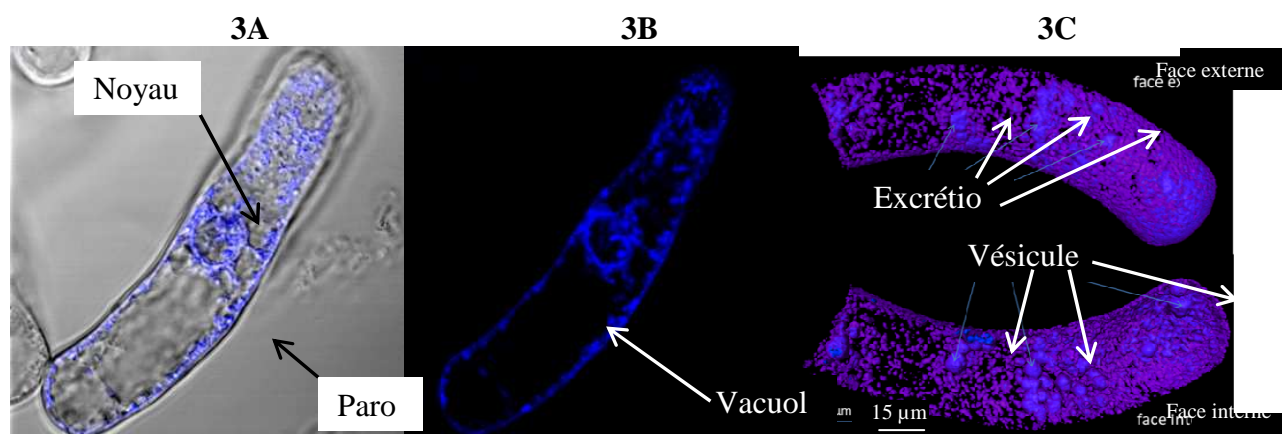


Figure 3A : Superposition de l'image par microscopie confocale (en bleu) et en lumière visible (en gris).

Figure 3B : Image par microscopie confocale seule.

Figure 3C : Faces externe et interne de la paroi cellulaire, en reconstruction tridimensionnelle.

En réalisant des images de la cellule selon plusieurs plans superposés, on peut reconstituer une vue tridimensionnelle de la répartition du resvératrol. Par une observation rapprochée de la face interne de la paroi cellulaire (Figure 3C), on peut constater des zones de forte concentration (bleu clair) correspondant à des structures sphériques, accolées à la paroi. Ces structures pourraient correspondre à des vésicules qui contiennent une enzyme responsable de la synthèse du resvératrol [8, 9]. Lorsqu'elles ont synthétisé suffisamment de resvératrol, ces vésicules pourraient libérer leur contenu hors de la cellule.

Les observations faites ici rendent possible une meilleure compréhension de la cinétique précoce d'accumulation du resvératrol dans les cellules. Les vésicules observées seraient peut-être le siège de la biosynthèse et de l'excrétion du resvératrol.

Conclusion

Le travail réalisé s'est articulé autour de deux principaux types d'études. D'une part, des études en fioles ont rendu possible l'exploration d'un grand nombre de conditions de culture et d'élicitation différentes. D'autre part, des essais en bioréacteur ont été l'occasion d'aborder un mode de culture de plus gros volume, avec un suivi régulier.

La modélisation de la croissance en phase exponentielle a montré une très bonne corrélation entre le modèle et les mesures expérimentales et une reproductibilité tout à fait satisfaisante, que ce soit entre les différents essais en bioréacteur ou comparativement à ce qui a été mesuré en fioles. Ceci a permis de déterminer le temps de doublement de la souche Concord avec une assez bonne précision ($3,4 \pm 0,4$ jours).

L'étude en fiole a révélé que le rapport [méthyljasmonate]/[biomasse] semblait être le paramètre déterminant pour la production du resvératrol. Il existerait une valeur optimale de ce rapport qui maximise la concentration de resvératrol.

La phase de décroissance de la concentration du resvératrol est *a priori* plus difficile à modéliser. Ceci est dû principalement à une méconnaissance des mécanismes de dégradation du resvératrol qui en sont la cause. Quels sont ces différents mécanismes ? Quelles sont leurs vitesses respectives ? Le phénomène le plus remarquable est la rupture sans transition entre la phase de croissance et la phase de décroissance de la concentration du resvératrol dans le milieu de culture. L'observation d'une corrélation notable entre les variations du taux d'oxygène dissous et celles de la concentration du resvératrol nous a conduits à un début d'explication : la brusque décroissance de la concentration du resvératrol pourrait être due à une oxydation de la molécule.

L'existence d'un pic aussi aigu dans le profil de production du resvératrol représente un obstacle à contourner si l'on envisage une production industrielle. En effet, ce phénomène rendrait très aléatoire la possibilité de récolter le milieu de culture au moment où la concentration du resvératrol est maximale. Les résultats obtenus en fioles avec l'ajout de cyclodextrine nous apportent heureusement une solution prometteuse. L'étude en fioles nous a effectivement montré que cette molécule permettait d'atteindre des concentrations de resvératrol à peu près 50 fois supérieures à celles obtenues en élicitation avec le méthyljasmonate seul. Les concentrations les plus importantes, et de loin, sont le résultat d'une élicitation combinée avec le méthyljasmonate. L'obtention de concentrations aussi élevées pour une molécule comme le resvératrol (2,5 grammes par litre) ne peut pas s'expliquer par un simple effet éliciteur. C'est la capacité de la cyclodextrine à encapsuler les molécules de resvératrol qui rend compte d'une bonne part de leur effet. Ainsi, la cyclodextrine permet d'augmenter considérablement la solubilité du resvératrol dans le milieu aqueux puisqu'elle est elle-même très soluble dans l'eau, contrairement au resvératrol qu'elle va encapsuler dans un espace hydrophobe. L'encapsulation du resvératrol peut aussi le préserver de sa dégradation et préserver par ailleurs les cellules des effets toxiques du resvératrol. Ceci est confirmé par les mesures de concentrations en biomasse.

La cyclodextrine pourrait donc représenter un bon moyen de contourner le problème posé par la brusque dégradation du resvératrol. Son inconvénient majeur reste cependant son coût élevé. L'autre limite qu'elle présente est la question de son innocuité. Est-il nécessaire de l'éliminer dans l'élaboration d'un produit fini ? Toujours est-il que son étude a permis de voir que le fait d'isoler la molécule de resvératrol du reste du milieu était une solution pour avoir une excellente production. A partir de là, des alternatives peuvent être envisagées si elles offrent des moyens similaires. Suffit-il d'extraire le resvératrol en continu pour lui éviter d'atteindre sa limite de solubilité dans le milieu et d'entrer en contact prolongé avec les cellules ? Si oui, n'importe quel procédé d'extraction est une solution. Nous avons vu que l'extraction par solvant présentait un risque écologique mais il est possible de se tourner vers une extraction à l'aide d'une résine.

Ces études apportent ainsi suffisamment d'éléments qui rendent crédibles une production du resvératrol à l'échelle industrielle. Il reste à mieux connaître tous les mécanismes enzymatiques qui mènent à sa synthèse et ceux responsables de sa dégradation. L'autre volet à développer est la modélisation en bioréacteur, notamment en présence de cyclodextrine.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) SIEMANN E. H. et CREASY L. L., 1992. – Concentration of the phytoalexin resveratrol in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, **43**(1), 49-52.
- (2) RENAUD S et de LORGERIL M., 1992. – Wine, alcohol, platelets and the French paradox for coronary heart disease. *The Lancet*, **339**, 1523-1526.
- (3) FRANKEL E. N., WATERHOUSE A. L. et KINSELLA J. E., 1993. – Inhibition of human LDL oxidation by resveratrol. *The Lancet*, **341**(8852), 1103-1104.
- (4) JEANDET P., BESSIS R., MAUME B. F., MEUNIER P., PEYRON D. et TROLLAT P., 1995. – Effect of enological practices on the resveratrol isomer content of wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **43**(2), 316-319.
- (5) JEANDET P., BESSIS R., SBAGHI M., MEUNIER P. et TROLLAT P., 1995. – Resveratrol content of wines of different ages: relationship with fungal disease pressure in the vineyard. *Am. J. Enol. Vitic.* **46**, 1-4.
- (6) STERVBO U., VANG O. et BONNESEN C., 2007. – A review of the content of the putative chemopreventive phytoalexin resveratrol in red wine. *Food Chemistry*, **101**(2), 449-457.
- (7) DONNEZ D., 2010. – Étude de la bioproduction des stilbènes dans les suspensions cellulaires de *Vitis* 41B : élicitation et mécanismes de l'induction de la biosynthèse. Université de Reims Champagne-Ardenne.
- (8) FORNARA V., ONELLI E., SPARVOLI F., ROSSONI M., AINA R., MARINO G. et CITTERIO S., 2008. – Localization of stilbene synthase in *vitis vinifera* L. during berry development. *Protoplasma*, **233**(1-2), 83-93.
- (9) WANG W., TANG, K., YANG H.-R., WEN P.-F., ZHANG P., WANG H.-L. et HUANG W.-D., 2010. – Distribution of resveratrol and stilbene synthase in young grape plants (*vitis vinifera* L. cv. cabernet sauvignon) and the effect of UV-C on its accumulation. *Plant Physiology and Biochemistry*, **48**(2-3), 142-152.

ÉTUDE DE LA REMOBILISATION DES MÉTAUX AU COURS DE LA SÉNESCENCE FOLIAIRE DANS LE CADRE DE LA RÉHABILITATION DES SOLS POLLUÉS¹.

par Mathieu Pottier

En raison des intenses activités anthropiques des deux siècles précédents, la composition élémentaire de certains sols a été modifiée. Des éléments, nommés éléments traces métalliques (ETMs), constituant normalement moins de 0,1% de l'ensemble des atomes de la couche terrestre, se sont retrouvés surreprésentés. L'accumulation progressive des ETMs est responsable de pollutions rendant les parcelles touchées inexploitable et provoquant la pollution de nappes phréatiques et de cours d'eau environnants. Depuis le début des années 1990, différentes stratégies de phytoremédiation ont été proposées pour permettre la réhabilitation de ces zones par l'utilisation de plantes¹. Parmi ces stratégies, la phytoextraction qui consiste en l'absorption et l'accumulation des ETMs par les plantes a été très largement présentée². Parce que l'efficacité de ce mode d'action est totalement dépendante du choix de l'espèce végétale utilisée, des études ont été menées sur différentes espèces végétales, notamment sur des plantes tolérantes aux ETMs qui ont développé des mécanismes permettant l'hyperaccumulation de ces métaux dans leurs parties aériennes³. Cependant les plantes hyperaccumulatrices possèdent généralement de faibles biomasses, limitant le processus d'extraction et ne satisfaisant pas les intérêts des industriels⁴. Il est donc apparu essentiel de tester le potentiel de phytoextraction d'espèces végétales alternatives.

Du fait de sa croissance rapide, de son importante biomasse et de ses débouchés dans le domaine de l'énergie, le peuplier est vite apparu comme un choix judicieux^{5,6,7,8}. Au cours de travaux précédents,

¹ Thèse de doctorat de l'Université Paris-Sud (Discipline : Biologie) soutenue le 13/03/2014, 175p, réalisée à l'Institut des Sciences du Végétal, CNRS de Gif-sur-Yvette.

différents cultivars de peuplier ayant poussés sur des parcelles polluées ont été étudiés, aboutissant à l'identification de génotypes accumulant d'importantes concentrations en ETMs. Cependant, une phytoextraction efficace suppose une accumulation préférentielle des ETMs dans les parties récoltables du peuplier, à savoir, le tronc et les branches. Or les données actuelles indiquent que le bois constitue l'un des tissus possédant les plus faibles concentrations en ETMs^{9,10}, alors qu'au contraire les feuilles en accumulent d'importantes concentrations¹¹. Cette accumulation peut entraîner une limitation du processus de phytoextraction si aucun mécanisme de remobilisation des ETMs n'est mis en place au cours de la sénescence foliaire.

L'amélioration de l'efficacité de phytoextraction du peuplier nécessite donc d'augmenter les concentrations d'ETMs dans les parties pérennes et de diminuer leur accumulation dans les feuilles tout particulièrement avant leur chute. Pour cela les mécanismes moléculaires impliqués dans les trois composantes « Absorption à partir du sol », « remobilisation à partir des organes sénescents » et « accumulation au niveau des tissus pérennes » doivent faire l'objet d'études approfondies.

Dans ce contexte, un travail visant à étudier la composante « remobilisation à partir des organes sénescents » a été réalisé au sein de l'ISV du CNRS de Gif-sur-Yvette avec l'aide financière du DIM ASTREA (île de France). Cette thèse avait donc pour objectifs l'exploration de la variabilité génétique naturelle dans l'accumulation et la remobilisation des ETMs des feuilles chez le peuplier et l'analyse de mécanismes moléculaires potentiellement impliqués dans le contrôle et/ou la remobilisation des métaux des feuilles. L'ensemble de ces travaux a été abordé au travers de quatre chapitres résumés ci-après.

1. Identification de génotypes de peuplier efficaces pour la remobilisation des métaux au cours de la sénescence foliaire et recherche des gènes associés

Une étude *in situ*, visant à identifier parmi 14 génotypes de peupliers, des cultivars possédant soit une faible accumulation d'ETMs dans les feuilles soit une capacité à remobiliser les ETMs des feuilles au cours de la sénescence automnale a été entreprise¹². Ce travail a été réalisé sur une parcelle expérimentale mise en place en 2007 lors du projet ANR PHYTOPOP sur la commune de Pierrelaye (Ile de France).

Au cours de cette étude, nous avons pu observer une claire remobilisation automnale du magnésium des feuilles chez l'ensemble des génotypes présents au champ. A l'exception du cuivre, les microéléments sont, en revanche, pas remobilisés. On observe même pour le zinc et le cadmium, qui représentent les deux principaux ETMs, une accumulation continue dans les feuilles jusqu'à la fin de la sénescence et l'abscission des feuilles. Ces données indiquent donc que l'accumulation des ETMs au niveau des feuilles de peuplier est un véritable frein à la phytoextraction puisque une partie conséquente des métaux extraits retourne au sol lors de la chute des feuilles. Par ailleurs, les analyses de corrélations ont mis en lumière une potentielle gestion commune de certains métaux comme le cadmium, le zinc et le manganèse suggérant l'intervention de protéines de transport non spécifique ou de dispositifs de gestion commune.

C'est donc dans le but d'identifier ces mécanismes de gestion commune que des gènes putativement impliqués dans l'homéostasie des métaux des feuilles ont été sélectionnés à partir de données fonctionnelles et physiologiques déjà existantes chez d'autres espèces végétales ainsi que grâce aux données d'expression disponibles chez le peuplier¹³. Ainsi l'expression des gènes codant pour des transporteurs de métaux issus des familles HMA (Heavy Metal ATPase), ZIP (ZRT IRT like Protein) et NRAMP (Natural Associated Macrophage Protein) ont été mesurés. De plus, un gène *NAC*, nommé *NAP*, dont les homologues chez d'autres espèces sont impliqués dans la sénescence foliaire et dans la remobilisation a également été sélectionné^{14,15,16,17,18}. Enfin l'expression du gène *CP* codant pour de la protéase à cystéine, marqueur de l'entrée en sénescence, a été dosée^{19,20}.

Les études de corrélation entre les expressions de gènes et les analyses en composantes principales ont montré de fortes relations entre d'une part *PtNRAMP2*, *PtHMA1* et *PtNRAMP3.1* et d'autre part *PtNAP*, *PtCP*, *PtHMA2* et *PtNRAMP3.2* mettant en évidence l'existence de deux clusters regroupant chacun des gènes qui pourraient participer à des processus communs. Par ailleurs, une forte corrélation positive a été observée entre l'expression de *PtNRAMP1* et le facteur de bioconcentration en zinc des feuilles, suggérant un rôle important de *PtNRAMP1* dans l'accumulation du zinc dans les feuilles de peuplier.

2. Caractérisation de transporteurs putativement impliqués dans la remobilisation des métaux

Au cours de la seconde partie de cette thèse, la caractérisation de protéines de transport supposées jouer un rôle dans le contrôle et/ou la remobilisation des métaux des feuilles de peuplier a été réalisée. Parce que la vacuole est un lieu privilégié de stockage des métaux²¹, et qu'elle constitue un compartiment important pour le recyclage des nutriments au cours de la sénescence, les gènes codant pour des protéines tonoplastiques impliquées dans le transport de métaux vers le cytosol ont été particulièrement ciblés. Dans ce cadre, la famille de transporteur *NRAMP* (Natural Resistance-Associated Macrophage Protein) a été sélectionnée puisqu'elle comprend chez *Arabidopsis thaliana*, deux membres, *AtNRAMP3* et *AtNRAMP4*, impliqués dans le déstockage vacuolaire de cations divalents incluant le cadmium et le zinc^{22,23,24,25,26}. De plus des données transcriptomiques indiquent qu'*AtNRAMP4* pourrait être induit au moment de la sénescence, suggérant un rôle de ce gène dans la remobilisation des métaux spécifiquement au cours de sénescence^{13,16}.

Chez *Populus trichocarpa* nisqually, six *PtNRAMP*, ont été identifiés. Parmi eux *PtNRAMP3.1* et *PtNRAMP3.2* localisés en tandem sur le chromosome 7 sont les homologues de séquence d'*AtNRAMP3* et d'*AtNRAMP4*. Pour cette raison, ils ont fait l'objet d'une attention particulière, d'autant que *PtNRAMP3.1* et *PtNRAMP3.2* sont principalement exprimés au niveau des feuilles. De plus, des données transcriptomiques indiquent que *PtNRAMP3.2* est particulièrement induit en condition de stress cadmium²⁷ et qu'il est, tout comme *AtNRAMP4*, induit au moment de la sénescence^{13,16}.

Nous avons donc entrepris une caractérisation de ces transporteurs afin de déterminer s'ils sont également impliqués dans le déstockage vacuolaire tout comme leurs homologues chez *A. thaliana*. Au cours de la caractérisation en système levure, il est apparu que *PtNRAMP3.1* est capable de transporter le fer, le manganèse et le zinc alors que *PtNRAMP3.2* ne transporte que le fer et le manganèse. L'expression transitoire de ces transporteurs fusionnés à la GFP en protoplastes d'*A. thaliana* a permis de montrer que *PtNRAMP3.2* est localisé sur la membrane de la vacuole tout comme ses orthologues chez *A. thaliana*. En revanche, *PtNRAMP3.1* est observé de façon surprenante au niveau de vésicules intracellulaires qui co-localisent avec des marqueurs de l'appareil de Golgi.

L'expression stable chez *A. thaliana* de ces transporteurs fusionnés à la GFP, a confirmé ces résultats. De plus, la transformation du double mutant *nramp3nramp4* d'*A. thaliana*, à la fois sensible à la carence en fer et à la présence de cadmium, a permis d'obtenir d'avantages d'informations concernant les fonctions physiologiques de *PtNRAMP3.1* et de *PtNRAMP3.2*. Il est ainsi apparu que seul *PtNRAMP3.2* complémente parfaitement les phénotypes de croissance du double mutant en conditions de carence en fer et de présence de cadmium. De même, seul *PtNRAMP3.2* permet de restaurer les concentrations intracellulaires en métaux du double mutant. L'ensemble de ces résultats permet d'affirmer que contrairement à *PtNRAMP3.1*, *PtNRAMP3.2* est bien un homologue fonctionnel d'*AtNRAMP3* et d'*AtNRAMP4*. Par ailleurs, la faible complémentation du double mutant *nramp3nramp4* par *PtNRAMP3.1* est cohérente avec sa différence de localisation subcellulaire.

Dans le but de déterminer plus clairement le rôle de ces transporteurs en système homologue, notamment celui de *PtNRAMP3.1* dont la fonction n'a pas été élucidée chez *A. thaliana*, *PtNRAMP3.1* et *PtNRAMP3.2* ont été surexprimés chez le peuplier. Tout comme chez *A. thaliana*, *PtNRAMP3.2* est observé sur le tonoplaste alors que *PtNRAMP3.1* est observé au niveau de l'appareil de Golgi. L'analyse du contenu en métaux de feuilles de peuplier a révélé une diminution spécifique du contenu en cadmium chez les lignées surexprimant *PtNRAMP3.2* comparées aux lignées « sauvages ». Ces résultats confirment donc l'implication de *PtNRAMP3.2* dans le déstockage vacuolaire des métaux. De façon intéressante, les feuilles des lignées surexprimant *PtNRAMP3.1* présentent également une diminution du contenu en cadmium comparées aux lignées « sauvages ». De plus, ces lignées qui montrent une sérieuse chlorose interveinale présentent également une diminution des concentrations en manganèse et en zinc. Ces phénotypes importants observés chez les peupliers surexprimant *PtNRAMP3.1* montrent que malgré sa localisation inattendue, ce transporteur joue également un rôle conséquent dans le déstockage de métaux. Ces résultats semblent, au passage, attribuer au Golgi une fonction non décrite jusqu'à maintenant, dans la gestion des métaux de la cellule. Ainsi la surexpression de *PtNRAMP3.1* et de *PtNRAMP3.2* spécifiquement pendant la sénescence pourrait être une solution efficace pour limiter le retour au sol des ETMs par chute des feuilles.

3. Étude de la relation entre la structure primaire et la sélectivité chez AtNRAMP4, homologue des PtNRAMP3s

Les métaux non essentiels empruntent, le plus souvent, les systèmes de transport des métaux essentiels. L'amélioration de l'efficacité de phytoextraction, nécessite d'optimiser les capacités de transport d'ETMs de ces systèmes. Pour cela, il apparaît indispensable d'identifier, au niveau des protéines de transport, les déterminants structuraux permettant la discrimination des métaux essentiels des métaux non essentiels.

Ainsi, une étude de la relation entre la structure primaire des NRAMPs et leur sélectivité a été réalisée sur la protéine AtNRAMP4, homologue de séquence de PtNRAMP3.1 et NRAMP3.2²⁸.

Suite à une mutagenèse aléatoire du CDS codant la protéine AtNRAMP4, une sélection en levure a été réalisée en présence de cadmium et en condition de carence en fer. Cette sélection a permis d'identifier chez AtNRAMP4, trois résidus indispensables au transport de cadmium. La sélectivité des différents AtNRAMP4 mutés a ensuite été testée par expression chez des levures déficientes pour différents systèmes d'influx de métaux. Parmi les mutations sélectionnées plusieurs affectent également le transport de zinc mais seulement une, E401K affecte aussi le transport de manganèse par AtNRAMP4. Les conséquences physiologiques de ces mutations ont ensuite été étudiées en plante chez le double mutant *nramp3nramp4* d'*A. thaliana*. Il est ainsi apparu que les mutations modifient de façon sélective l'accumulation du cadmium et du zinc sans affecter le transport du fer, indiquant qu'il est possible de modifier la sélectivité des NRAMP afin d'améliorer l'efficacité de phytoremédiation

4. Étude de l'implication de l'autophagie dans la remobilisation des métaux

La remobilisation des métaux des feuilles sénescentes implique un grand nombre d'acteurs moléculaires spécifiques comme les transporteurs de métaux, mais également non spécifiques, agissant sans discrimination sur l'ensemble des éléments. L'autophagie est un mécanisme ubiquitaire de recyclage intracellulaire de molécules et d'organites par acheminement puis dégradation de ces éléments dans la vacuole chez les végétaux et les levures ou dans les lysosomes chez les animaux. De récents travaux réalisés chez *A. thaliana* ont mis en évidence que la quantité d'azote transloquée des feuilles vers les graines se trouve fortement diminuée chez le mutant d'autophagie *atg5* par rapport au sauvage²⁹. De plus, il a été montré que durant la sénescence, l'autophagie joue un rôle majeur dans la dégradation du chloroplaste qui contient 80% de l'azote et du fer des cellules chlorophylliennes^{24,30,31}. L'autophagie contrôle donc la remobilisation de l'azote des feuilles vers les graines au cours de la sénescence et pourrait représenter plus généralement un processus clé d'accompagnement de la remobilisation de l'ensemble des éléments dont les métaux³².

Ainsi, des travaux ont été menés afin d'étudier l'implication de l'autophagie dans la remobilisation des métaux chez la plante modèle *A. thaliana* pour laquelle de nombreux outils sont disponibles tels que des mutants de l'autophagie. Le contenu en métaux des graines et des feuilles a été mesuré en fin de cycle chez plusieurs lignées d'*A. thaliana* déficientes pour différents acteurs du mécanisme d'autophagie. Nos résultats ont montrés que les concentrations en fer, manganèse et zinc sont augmentées jusqu'à 2,5 fois dans les feuilles des mutants d'autophagie par rapport aux feuilles de plantes sauvages, indiquant que l'autophagie est importante pour la remobilisation des métaux. Suite à cette première expérimentation, le mutant *atg5* a été sélectionné afin d'analyser plus finement le rôle de l'autophagie dans la remobilisation du fer. En condition de carence en fer réalisée au cours du stade reproducteur, la concentration en fer des graines du mutant *atg5* est nettement plus faible que celle des graines des plantes sauvages, ce qui se traduit par une diminution par cinq de l'Index de Récolte du Fe (IRF) chez le mutant *atg5* par rapport au sauvage. L'ajout du fer dans le milieu au cours du stade reproducteur permet d'augmenter par 2 la concentration en fer des graines du mutant *atg5*. Cependant, cela permet seulement d'atteindre 20% du contenu en fer des graines des plantes sauvages soumises aux mêmes conditions. Ces données suggèrent donc que l'autophagie est un processus essentiel à la remobilisation des métaux des feuilles vers les graines et que l'absorption racinaire de Fe ne peut pas compenser l'absence de remobilisation.

Bien que l'implication de l'autophagie dans la remobilisation n'ait été démontré que pour des plantes annuelles lors de la sénescence monocarpique, il n'y pas de raison de penser que ce mécanisme ne puisse pas également intervenir lors de la sénescence automnale chez les arbres à feuilles caduques. Ainsi l'expression de *PtATG5* homologue d'*AtATG5*, a été suivie au niveau de feuilles matures et sénescences chez sept génotypes de peupliers. Bien qu'il existe d'importantes variations d'expression de *PtATG5* entre les

génotypes, aucune augmentation n'est observée entre le stade mature et le stade sénescence chez les sept génotypes étudiés. Ainsi, contrairement à la sénescence monocarpique d'*A. thaliana*, la sénescence automnale des feuilles du peuplier ne semble donc pas s'accompagner de l'induction des gènes *ATG*. De futurs travaux devront être réalisés afin de tester si l'induction du mécanisme d'autophagie au niveau des feuilles sénescents du peuplier permet d'améliorer la remobilisation des métaux et ainsi de limiter le retour au sol des ETMs.

5. Conclusion

A cours de ce travail de thèse, l'étude de l'évolution des contenus en métaux des feuilles réalisée sur différents génotypes de peuplier a permis de mettre en évidence une absence systématique de remobilisation des ETMs au cours de la sénescence foliaire, limitant le processus de phytoextraction. Dans le but de remédier à cette limitation, un travail ayant pour but d'identifier des mécanismes permettant la remobilisation des ETMs des feuilles a été entrepris. Les résultats obtenus indiquent que l'efficacité de phytoextraction du peuplier pourrait être améliorée par l'augmentation, spécifiquement au niveau des feuilles, de l'expression des gènes codant pour les transporteurs *PtNRAMP3.1* et *PtNRAMP3.2* ainsi que des gènes codant pour les différents acteurs du mécanisme d'autophagie. De plus, l'identification au niveau de la famille NRAMP, de résidus discriminant les métaux essentiels des métaux dits toxiques, donne la possibilité d'améliorer les capacités de transport d'ETMs des membres de cette famille.

6. Perspectives

Bien que les résultats obtenus au cours de cette thèse aient montré que l'autophagie est essentielle à la remobilisation des métaux chez la plante annuelle *A. thaliana*, rien n'indique pour le moment qu'il en soit de même chez le peuplier. Il apparaît donc important de tester l'effet de l'induction, au niveau des feuilles sénescents, du mécanisme d'autophagie sur la remobilisation des métaux. De plus, cette thèse a mis en évidence que la surexpression de *PtNRAMP3.1* et *PtNRAMP3.2* permet de limiter le contenu en ETMs des feuilles de peuplier. Cependant, des analyses de contenus en métaux au niveau du tronc et des branches devront également être réalisées afin de s'assurer que la remobilisation des métaux des feuilles s'accompagne bien d'une accumulation supplémentaire d'ETMs au niveau du bois. Dans le cas inverse, il peut être envisagé d'exprimer *PtNRAMP3.1* et *PtNRAMP3.2* sous le contrôle d'un promoteur spécifique des feuilles sénescents. Enfin, parce que la « remobilisation des métaux à partir des organes sénescents » ne représente qu'une des trois composantes permettant l'amélioration de la phytoextraction, il est également envisagé d'améliorer l'absorption des ETMs à partir des racines et l'accumulation des métaux dans les parties pérennes en identifiant des promoteurs forts et spécifiques de ces organes ainsi que des gènes codant pour des transporteurs permettant l'entrée de métaux dans la cellule et dans la vacuole. D'après les résultats obtenus dans la première partie de cette thèse, il apparaît que *PtNRAMP1* pourrait représenter un bon candidat pour l'amélioration de l'absorption racinaire des ETMs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ¹ **Cunningham, S.D. Et Berti, W.R.** (1993) Remediation of contaminated soils with green plants: an overview. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, **29**, 207-212.
- ² **Kumar, P.B.A.N., Dushenkov, V., Motto, H. et Raskin, I.** (1995) Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental Science & Technology*, **29**, 1232-1238.
- ³ **Salt, D.E., Smith, R.D. et Raskin, I.** (1998) PHYTOREMEDIATION. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, **49**, 643-668.
- ⁴ **Ebbs, S.D. et Kochian, L.V.** (1997) Toxicity of zinc and copper to *Brassica* species: implications for phytoremediation. *Journal of Environmental Quality*, **26**, 776-781.
- ⁵ **Robinson, B.H., Mills, T.M., Petit, D., Fung, L.E., Green, S.R. et Clothier, B.E.** (2000) Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: Implications for phytoremediation. *Plant and Soil*, **227**, 301-306.

- ⁶ Pulford, I.D. et Watson, C. (2003) Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees a review. *Environment International*, **29**, 529-540.
- ⁷ Di Baccio, D., Tognetti, R., Sebastiani, L. et Vitagliano, C. (2003) Responses of *Populus deltoides* × *Populus nigra* (*Populus* × *euramericana*) clone I-214 to high zinc concentrations. *New Phytologist*, **159**, 443-452.
- ⁸ Sebastiani, L., Scebba, F. et Tognetti, R. (2004) Heavy metal accumulation and growth responses in poplar clones Eridano (*Populus deltoides* × *maximowiczii*) and I-214 (*P. x euramericana*) exposed to industrial waste. *Environmental and Experimental Botany*, **52**, 79-88.
- ⁹ Laureysens, I., Blust, R., De Temmerman, L., Lemmens, C. et Ceulemans, R. (2004) Clonal variation in heavy metal accumulation and biomass production in a poplar coppice culture: I. Seasonal variation in leaf, wood and bark concentrations. *Environmental Pollution*, **131**, 485-494.
- ¹⁰ Unterbrunner, R., Puschenreiter, M., Sommer, P., Wieshammer, G., Tlustos, P., Zupan, M. et Wenzel, W.W. (2007) Heavy metal accumulation in trees growing on contaminated sites in Central Europe. *Environmental Pollution*, **148**, 107-114.
- ¹¹ Dinelli, E. et Lombini, A. (1996) Metal distributions in plants growing on copper mine spoils in Northern Apennines, Italy: the evaluation of seasonal variations. *Applied Geochemistry*, **11**, 375-385.
- ¹² Pottier, M., García de la Torre, V. S., Victor, C., David, L. C., Chalot, M., & Thomine, S. (2015). Genotypic variations in the dynamics of metal concentrations in poplar leaves: A field study with a perspective on phytoremediation. *Environmental Pollution*, **199**, 73-82.
- ¹³ Sjödin, A., Street, N.R., Sandberg, G., Gustafsson, P. et Jansson, S. (2009) The Populus Genome Integrative Explorer (PopGenIE): a new resource for exploring the *Populus* genome. *New Phytologist*, **182**, 1013-1025.
- ¹⁴ Guo, Y. et Gan, S. (2006) AtNAP, a NAC family transcription factor, has an important role in leaf senescence. *The Plant Journal*, **46**, 601-612.
- ¹⁵ Balazadeh, S., Siddiqui, H., Allu, A.D., Matallana-Ramirez, L.P., Caldana, C., Mehrnia, M., Zanor, M.-I., Köhler, B. et Mueller-Roeber, B. (2010) A gene regulatory network controlled by the NAC transcription factor ANAC092/AtNAC2/ORE1 during salt-promoted senescence. *The Plant Journal*, **62**, 250-264.
- ¹⁶ Breeze, E., Harrison, E., McHattie, S., Hughes, L., Hickman, R., Hill, C., Kiddle, S., Kim, Y.-s., Penfold, C.A. et Jenkins, D. (2011) High-resolution temporal profiling of transcripts during *Arabidopsis* leaf senescence reveals a distinct chronology of processes and regulation. *The Plant Cell Online*, **23**, 873-894.
- ¹⁷ Kou, X., Watkins, C.B. et Gan, S.-S. (2012) Arabidopsis AtNAP regulates fruit senescence. *Journal of Experimental Botany*, **63**, 6139-6147.
- ¹⁸ Zhang, K. et Gan, S.-S. (2012) An abscisic acid-AtNAP transcription factor-SAG113 protein phosphatase 2C regulatory chain for controlling dehydration in senescing Arabidopsis leaves. *Plant Physiology*, **158**, 961-969.
- ¹⁹ Bhalerao, R., Keskitalo, J., Sterky, F., Erlandsson, R., Björkbacka, H., Birve, S.J., Karlsson, J., Gardeström, P., Gustafsson, P., Lundberg, J. et Jansson, S. (2003) Gene expression in autumn leaves. *Plant Physiology*, **131**, 430-442.
- ²⁰ Couturier, J., Doidy, J., Guinet, F., Wipf, D., Blaudez, D. et Chalot, M. (2010) Glutamine, arginine and the amino acid transporter Pt-CAT11 play important roles during senescence in poplar. *Annals of Botany*, **105**, 1159-1169.
- ²¹ Molins, H., Michelet, L., Lanquar, V., Agorio, A., Giraudat, J., Roach, T., Krieger-Liszkay, A. et Thomine, S. (2012) Mutants impaired in vacuolar metal mobilization identify chloroplasts as a target for cadmium hypersensitivity in *Arabidopsis thaliana*. *Plant, Cell & Environment*, **36**, 804-817.
- ²² Thomine, S., Wang, R., Ward, J.M., Crawford, N.M. et Schroeder, J.I. (2000) Cadmium and iron transport by members of a plant metal transporter family in Arabidopsis with homology to Nramp genes *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA* **97**, 4991-4996
- ²³ Thomine, S., Lelièvre, F., Debarbieux, E., Schroeder, J.I. et Barbier-Brygoo, H. (2003) AtNRAMP3, a multispecific vacuolar metal transporter involved in plant responses to iron deficiency. *The Plant Journal*, **34**, 685-695.
- ²⁴ Lanquar, V., Lelievre, F., Barbier-Brygoo, H. et Thomine, S. (2004) Regulation and function of AtNRAMP4 metal transporter protein. *Soil science and plant nutrition*, **50**, 1141-1150.

- 25 Lanquar, V., Lelievre, F., Bolte, S., Hames, C., Alcon, C., Neumann, D., Vansuyt, G., Curie, C., Schroder, A., Kramer, U., Barbier-Brygoo, H. et Thomine, S. (2005) Mobilization of vacuolar iron by AtNRAMP3 and AtNRAMP4 is essential for seed germination on low iron. *EMBO J*, **24**, 4041-4051.
- 26 Lanquar, V., Ramos, M.S., Lelièvre, F., Barbier-Brygoo, H., Krieger-Liszak, A., Kramer, U. et Thomine, S. (2010) Export of vacuolar manganese by AtNRAMP3 and AtNRAMP4 is required for optimal photosynthesis and growth under manganese deficiency. *Plant Physiology*, **152**, 1986-1999.
- 27 Induri, B.R., Ellis, D.R., Slavov, G.T., Yin, T., Zhang, X., Muchero, W., Tuskan, G.A. et DiFazio, S.P. (2012) Identification of quantitative trait loci and candidate genes for cadmium tolerance in Populus. *Tree Physiology*, **32**, 626-638.
- 28 Pottier, M., Oomen, R., Picco, C., Giraudat, J., Scholz-Starke, J., Richaud, P., Carpaneto A. & Thomine, S. (2015). Identification of mutations allowing Natural Resistance Associated Macrophage Proteins (NRAMP) to discriminate against cadmium. *The Plant Journal*, **83**(4), 625-637.
- 29 Guiboileau, A., Yoshimoto, K., Soulay, F., Bataillé, M.-P., Avice, J.-C. et Masclaux-Daubresse, C. (2012) Autophagy machinery controls nitrogen remobilization at the whole-plant level under both limiting and ample nitrate conditions in Arabidopsis. *New Phytologist*, **194**, 732-740.
- 30 Wada, S., Ishida, H., Izumi, M., Yoshimoto, K., Ohsumi, Y., Mae, T. et Makino, A. (2009) Autophagy plays a role in chloroplast degradation during senescence in individually darkened leaves. *Plant Physiology*, **149**, 885-893.
- 31 Nouet, C., Motte, P. et Hanikenne, M. (2011) Chloroplastic and mitochondrial metal homeostasis. *Trends in Plant Science*, **16**, 395-404.
- 32 Pottier, M., Masclaux-Daubresse, C., Yoshimoto, K., & Thomine, S. (2014). Autophagy as a possible mechanism for micronutrient remobilization from leaves to seeds. *Frontiers in plant science*, **5**.

LE CONTRÔLE DES ÉMISSIONS DE PROTOXYDE D'AZOTE PAR LE FONCTIONNEMENT HYDRIQUE DES SOLS¹

par Eva Rabot

Introduction

Parmi les nombreux facteurs de contrôle des émissions de N₂O, la teneur en eau du sol est reconnue comme l'un des paramètres prépondérant, puisqu'un environnement pauvre en oxygène est nécessaire à la production de N₂O par la dénitrification. C'est pourquoi, le *water-filled pore space* (WFPS) est souvent utilisé comme indicateur des conditions d'aérobiose au sein du sol. Il représente la part de la porosité occupée par la solution du sol. Des données de terrain issues de la littérature (Laville *et al.*, 2011) montrent que les émissions de N₂O deviennent prépondérantes pour des WFPS > 0,6. Dans les modèles, ces observations sont retranscrites sous la forme d'une fonction exponentielle (Hénault et Germon, 2000). Il existe ainsi une forte sensibilité des flux de N₂O à la valeur du WFPS, et peu d'informations sont disponibles pour des WFPS très élevés. Il en résulte de larges incertitudes sur les estimations des flux de N₂O par les modèles.

L'objectif principal de cette thèse était ainsi d'affiner la compréhension du rôle du fonctionnement hydrique des sols sur les émissions de N₂O. L'originalité de l'approche a résidé dans la prise en considération explicite de l'histoire hydrique du sol, à l'aide de méthodes expérimentales permettant un contrôle fin de l'état hydrique des sols au cours du temps.

Plan de la recherche

Dans un premier temps, des expérimentations de laboratoire ont permis d'appréhender le fonctionnement des émissions de N₂O à l'échelle macroscopique, en contrôlant les différents facteurs : WFPS, température, concentration en nitrates et structure du sol. Ces observations ont été reliées à la géométrie du réseau poreux à l'aide de l'imagerie. Et enfin, une formalisation des hypothèses de fonctionnement a été réalisée à l'aide de simulations numériques.

¹ Thèse Docteur de l'Université d'Orléans soutenue le 30 octobre 2014. Discipline : Science du Sol.

Compréhension du fonctionnement à l'échelle macroscopique

Nous avons soumis les échantillons de sol à des cycles de saturation et de désaturation en eau au cours d'expérimentations de laboratoire, tout en mesurant les flux de N_2O . Tout d'abord, chaque échantillon a été saturé quatre jours, puis désaturé par paliers successifs de 24 heures. Deux cycles de saturation/désaturation ont été appliqués successivement.

Les émissions de N_2O sont apparues sous forme de pics induits par les changements de charge hydraulique. Deux types de pics peuvent être distingués, selon leur intensité et leur durée. Pour les pics observés au moment de la saturation, on observe une augmentation lente du flux, le maximum étant observé après deux à trois jours. Ce type de pic est classiquement observé dans la littérature et est lié à des processus microbiens de production/consommation de N_2O , couplés à un transport lent du N_2O dans un sol saturé d'eau. Les pics observés au moment de la désaturation sont plus furtifs, le maximum étant atteint en moyenne après 1,6 heure. Ils ne sont pas décrits dans la littérature. Ils coïncident avec la phase de décroissance rapide du potentiel matriciel, et sont liés à des processus physiques de transport rapide de N_2O sous forme gazeuse à mesure que le sol se désature en eau.

Lien avec la géométrie du milieu poreux

Cette expérimentation a été reproduite pendant l'acquisition simultanée d'images à l'aide d'un scanner médical à rayons X. L'imagerie par rayons X permet en effet l'identification des trois phases composant le sol : la phase gazeuse, l'eau et la matrice solide.

Lors de cette expérimentation, on a à nouveau observé un pic de N_2O au moment de la désaturation en eau. Le réseau de pores libres à l'air a été segmenté sur les images, puis le nombre d'Euler a été calculé. Le nombre d'Euler était positif à la résolution de l'image à la fin de la phase de saturation en eau, alors qu'il était négatif pendant la phase de désaturation en eau. On a donc une transition entre un réseau de pores peu connecté et un réseau connecté au cours de l'expérimentation. Puis, l'interconnexion entre les différents macropores a augmenté au cours du temps, essentiellement au cours de la première heure de désaturation en eau.

Le coefficient de diffusion gazeuse a lui aussi été estimé à partir des images segmentées. Il permet notamment d'expliquer les différences dans les vitesses d'émission de N_2O entre les deux cycles de saturation/désaturation en eau.

En résumé, la présence d'eau a participé au confinement de certaines parts de la porosité du sol pendant la phase de saturation en eau. Le transport du N_2O gazeux a ainsi été ralenti. L'augmentation du volume de pores libres à l'air et de la connectivité gazeuse lors de la désaturation en eau a permis la libération du N_2O préalablement piégé pendant la phase de saturation.

Formalisation du fonctionnement des émissions de N_2O

Afin de formaliser ces hypothèses de fonctionnement, nous avons construit un modèle couplant un module de production de N_2O , le modèle NOE (Hénault et Germon, 2000), et un module de transport gazeux et en solution, et d'équilibre phase liquide-phase gazeuse. Ici, le modèle est confronté à des données expérimentales. Quatre modèles de diffusion gazeuse ont été testés : on observe des dynamiques comparables entre les quatre modèles, mais il existe des différences d'intensités simulées. Le bref pic de N_2O de la phase de désaturation est reproduit au bon moment, mais il est surestimé en termes d'intensité. Enfin, la dynamique des flux de N_2O est mal reproduite pendant la phase de saturation, car le modèle NOE ne prend pas en compte l'activation progressive des processus de production de N_2O et de réduction en N_2 après l'établissement de conditions favorables.

Ce modèle a ensuite été soumis à une analyse de sensibilité au paramètre WFPS. En représentant les flux simulés de N_2O en fonction du WFPS, nous avons obtenu une fonction en forme de cloche, combinant l'effet de la faible production de N_2O à un WFPS $< 0,62$, et l'effet de la faible diffusion gazeuse à un WFPS $> 0,95$. Les flux de N_2O maximum ont été modélisés autour d'un WFPS de 0,8. Cette forme est en accord avec les données de terrain et de laboratoire issues de la littérature.

Conclusion

Nous avons pu démontrer que les fortes intensités dans les émissions de N₂O ne pouvaient pas être reliées directement à la teneur en eau du sol comme les modèles de prédiction des émissions de N₂O actuels le considèrent. L'histoire hydrique joue un rôle majeur. En effet, il convient de distinguer des processus de production, de piégeage et de transport de N₂O, liés à la dynamique de teneur en eau du sol. Nous avons ainsi proposé et testé des indicateurs physiques pertinents (potentiel matriciel, connectivité gazeuse, coefficient de diffusion gazeuse) permettant de décrire l'intensité et le moment des pics de N₂O et pouvant être intégrés dans les modèles de prédiction des émissions de N₂O, en plus des indicateurs microbiologiques. Ces variables, complémentaires du WFPS, peuvent être vues comme des indicateurs de l'état d'aérobiose et comme des paramètres de contrôle du transport de N₂O.

Perspectives

En perspectives de ces travaux, on pourrait imaginer utiliser l'imagerie, à une résolution plus fine, comme support de modélisation en trois dimensions du transport hydrique et gazeux. Cela nécessiterait une meilleure connaissance des sites de production et de consommation du N₂O au sein du sol et des dynamiques de ces réactions avec le temps et dans des conditions hydriques variables.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) HÉNAULT C., GERMON J.-C., 2000. – NEMIS, a predictive model of denitrification on the field scale. *European Journal of Soil Science*, **51**, 257-270.
- (2) LAVILLE P., LEHUGER S., LOUBET B., CHAUMARTIN F. et CELLIER P., 2011. – Effect of management, climate and soil conditions on N₂O and NO emissions from an arable crop rotation using high temporal resolution measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, **151**, 228-240.

LA PROTECTION JURIDIQUE DE LA QUALITÉ DES SOLS¹

Présentation des recherches

par Maylis Desrousseaux²

Introduction

La qualité des sols correspond à « la capacité d'un certain type de sol à fonctionner, dans les limites d'un écosystème naturel ou anthropisé, pour favoriser la productivité des plantes et animaux, maintenir ou augmenter la qualité de l'air et de l'eau, et améliorer la santé et l'habitat de l'homme » (KARLEN et al., 1997). Cette définition intègre la multifonctionnalité des sols, mais aussi la variabilité de leur qualité en fonction de leur diversité et de la pluralité des usages et des choix opérés par la société. La littérature pédologique présente ainsi les résultats obtenus à partir d'indicateurs physiques, chimiques, biologiques, etc. (RUIZ CAMACHO, VELASQUEZ, et al, 2009). Chacun d'entre eux isole une des propriétés du sol étudié et caractérise son fonctionnement, mais en aucun cas de telles analyses ont pour but de déterminer si un sol est *de qualité* ou non. Chaque sol dispose d'un potentiel, qu'il s'agisse d'un potentiel direct d'exploitation ou d'un potentiel offert par sa multifonctionnalité et les services rendus par les sols à la société sont aussi nombreux que primordiaux. Par conséquent l'homme entretient une étroite dépendance avec ce milieu et le droit régule d'une part, les rapports entre les hommes et les sols qu'ils exploitent directement et d'autre part, les rapports entre les hommes et dont les sols sont l'objet. La définition scientifique de la qualité des sols, ni

¹ Thèse en Droit mention Droit de l'environnement soutenue le 1er décembre 2014.

² Post-doc, AMIDEX, Aix – Marseille Université

même du sol, n'est pas reprise par le droit français et la qualité des sols ne bénéficie pas d'un statut juridique conçu pour sa protection, à l'inverse des statuts de la qualité de l'eau et de la qualité de l'air. De fait, les sols ne sont pas considérés comme un milieu naturel par le droit de l'environnement et les initiatives européennes et internationales demeurent trop limitées pour pouvoir apporter une protection adéquate. Pour pallier l'importante destruction des sols, dont le coût est estimé à trente-huit milliards d'euros par an par la Commission européenne, la reconnaissance de la qualité des sols « apparaît ainsi comme la méthode garantissant au mieux la mise en œuvre d'une politique enfin efficace pour la protection des sols » (CECILLON, 2009). Pour l'heure, le droit s'attache à l'identification et à l'exploitation des différentes valeurs d'usage des sols. Il en découle une approche utilitariste de la qualité des sols, qui s'enrichit toutefois de règles de gestion durable, en écho au concept de service écosystémique (I.). Parallèlement, au regard de la reconnaissance progressive des enjeux découlant de la protection des sols, émerge une conception objectiviste de la qualité, fondée sur leur valeur écologique (II.).

I / L'encadrement juridique des services rendus par les sols : L'approche utilitariste de la qualité

L'homme est dépendant de la qualité des sols et l'optimisation ainsi que la rationalisation de leur utilisation, fondées sur des critères environnementaux, revêtent un caractère d'urgence à l'échelle internationale (GÜNTER BRAUCH, OSWALD SPRING, 2009). Identifiant le rôle des écosystèmes dans la satisfaction du bien-être humain, le concept de service écosystémique dégagé par le *Millenium Ecosystem Assesment*, est en mesure de modifier les régimes juridiques relatifs aux différentes activités qui ont pour base les sols. La conception utilitariste de la qualité des sols s'essaye donc à dessiner une ligne directrice dans leur exploitation et leur occupation. Cette qualité n'est pas pour autant unique ou uniforme, ni aisément décelable. Elle est plurielle, aussi vaste que sont variés les usages des sols. De ce point de vue, cette thèse ambitionne de révéler la façon dont le droit qui régit l'exploitation agricole des sols (1.), leur affectation (2.), ainsi que le droit de propriété (3.), s'est d'ores et déjà saisi de certains de ces services, mais qu'il en donne une définition encore trop centrée sur l'activité qu'ils régulent plutôt que sur le sol.

1. La qualité des sols agricoles

L'utilité tirée de l'exploitation offre une conception uni-fonctionnelle du service écosystémique, détachée des capacités réelles des sols. Il en résulte une surexploitation des sols affectés à l'agriculture, permise par un corpus juridique tourné vers l'amélioration quantitative de la production des denrées alimentaires. Progressivement, l'individu s'est affranchi des besoins liés à l'exploitation agricole de façon à ne plus être obligé d'exploiter personnellement le sol pour se nourrir et a confié à d'autres le soin de le faire. Il n'en demeure pas moins dépendant des sols mondiaux qui lui prodiguent ce qu'il ne sait ou ne peut plus produire.

Il est aujourd'hui admis que certaines pratiques agricoles peuvent peser sur la qualité des sols : loin de les améliorer elles les épuisent et dégradent les écosystèmes voisins (BERNOUX, CHENU, et al, 2011), mais le travail du sol, l'action de modifier la matière, s'inscrivent dans une durée que le droit intègre. Le droit rural reconnaît les cycles biologiques, les saisons, les intempéries, le repos du sol. L'agriculture est une activité qui se perpétue, tandis que paradoxalement elle n'est pas durable. Les sols s'épuisent-ils ? Ils sont amendés. Leur exploitation n'est pas rentable ? L'agriculteur est indemnisé. Le travail du sol relève de l'intérêt général et le droit rural poursuit une approche finaliste qui se justifie non seulement par la satisfaction d'objectifs de production. Ce n'est pas la qualité du sol qui est l'objet des mesures, mais bien la terre, c'est-à-dire les premiers centimètres de l'écosystème terrestre. Or, l'agro-écologie, inscrite désormais au frontispice de la politique en faveur de l'agriculture, confirme un recul déjà amorcé de la distinction qui sépare l'agriculture conventionnelle de ses formes alternatives, en reconnaissant et préservant les services que rendent les sols et ceux que rend l'agriculteur. Le droit rural, pénétré d'objectifs environnementaux, n'organise plus seulement le travail du sol, mais redessine des modes de production avec le sol.

2. La rationalisation de l'affectation des sols au regard de leurs qualités

Les politiques publiques aspirent désormais à préserver les espaces agricoles et naturels et de façon plus incidente à maintenir la disponibilité des sols en raison des services dont ils sont à l'origine. Cette notion de disponibilité guide l'action publique, laquelle sait s'adapter à la raréfaction d'un objet ou d'une ressource, mais qui ne porte pas le caractère préventif qui permettrait de préserver une quantité suffisante de

sols, dont les caractéristiques répondent aux besoins de la société. La façon dont le droit appréhende la disponibilité des sols est à la croisée des conceptions utilitaristes et objectivistes de notre recherche. Il privilégie pour l'heure la disponibilité des sols en vue des usages, ignorant grandement les éléments de leurs qualités intrinsèques. Conséquemment, la quantité de sols présentant des qualités qui ne sont pas tournées vers un usage donné diminue, laissant augurer d'importants conflits d'usages. La disponibilité des ressources est altérée par une concrète persistance dans l'ignorance des qualités réelles des sols, dont le dépassement permettrait une organisation de l'espace fondamentalement plus rationnelle du point de vue de la préservation des ressources.

Ce sont davantage les nuisances et la dégradation de l'environnement, causées par l'urbanisation diffuse et la construction des infrastructures de transport, qui ont conduit l'Etat et les collectivités territoriales à rationaliser l'utilisation des sols de façon à anticiper les besoins futurs de la population. Cette rationalisation à l'échelle nationale s'attache essentiellement à conserver un développement équilibré, bien que les qualités recherchées en vue des services de production alimentaire et de préservation de la qualité de l'eau, aient entraîné la création de mécanismes juridiques permettant de préserver la disponibilité de ces sols. La règle de la gestion économe du sol s'émanciperait alors de sa seule définition spatiale pour que les documents d'urbanisme lui confèrent une dimension environnementale, dont les collectivités territoriales seraient les garantes. Eu égard à la capacité du droit à mobiliser des mécanismes de protection dès lors qu'un bien rare est menacé de disparition, il s'agirait d'élargir les critères juridiques propres à caractériser cet état afin qu'il soit admis que la ressource en sol est engagée dans un processus de raréfaction.

3. La gestion de la qualité des sols par le droit de propriété

Le sol sur lequel est fondée la propriété foncière est-il « un sol » au sens du droit de l'environnement ? Est-elle seulement celle que décrit l'article 552 du Code civil, qui la contient dans un volume constitué entre le dessus ou le dessous ? Ne porterait-elle pas également sur les fonctions du sol qui constituent autant de services écologiques ? Si ces fonctions sont désormais identifiées, elles restent implicites. L'on s'interroge dès lors sur l'appartenance de ces services au propriétaire, comme d'un accessoire de son bien, ou d'une possible dissociation de celui-ci, au bénéfice de la collectivité. Garantissant une fonction sociale et désormais biologique, ne pourrait-on pas envisager le droit de propriété comme garant d'une fonction écosystémique ? Une telle orientation permettrait de dessiner un droit à la qualité des sols, garanti par la collectivité, sans qu'il soit nécessaire de priver le propriétaire de son bien, simplement en en régulant l'usage. De ce fait, la société trouverait une nouvelle légitimité à protéger le sol, tant pour les individus présents que pour les générations futures ; le sol devenant un « vecteur intergénérationnels » (REMOND-GOUILLOD, 1997). Cette perspective inscrit la préservation des sols dans une temporalité qui réinterroge les fondements de la responsabilité qui n'avait qu'un « caractère rétrospectif » et qui est invitée à s'ouvrir sur un « caractère prospectif » (THIBIERGE, 1999). La question de la protection des qualités des sols invite alors à reconsidérer le statut de la terre, le régime de la propriété foncière et les velléités d'exploitations qui ont justifié son appropriation. Parallèlement, c'est un statut juridique unifié et cohérent de protection des sols qu'est en mesure d'apporter l'approche objectiviste de la qualité.

II / La protection des caractéristiques pédologiques : L'approche objectiviste de la qualité des sols

L'approche objectiviste de la protection de la qualité des sols se détache de sa vision utilitariste. Un tout autre champ lexical s'ouvre alors, abandonnant les formes de hiérarchisation qui séparent les sols aptes et exploitables, de ceux stériles ou instables. Le cloisonnement parcellaire du sol, son enfermement au sein de frontières étatiques, s'effacent au bénéfice de la reconnaissance de leur multifonctionnalité et il convient désormais de réaccorder la conception des sols que se fait la société avec cette naturalité, dont le droit aime à les exclure trop souvent. Les sols sont le support et la composante des sites et paysages, ils sont partie intégrante des espaces, ressources et milieux naturels, ils abritent et participent au développement de la biodiversité. Pourtant, ils sont exclus des éléments de l'environnement dont la protection et la restauration sont reconnues d'intérêt général par l'article L. 110-1 du Code de l'environnement. Pour cette raison une nouvelle lecture des textes doit être faite, afin de démontrer que la notion de qualité des sols en son sens

écologique, est une donnée connue du droit et qu'il dispose des outils nécessaires à la concrétisation de cette approche objectiviste.

Il ne s'agit pas d'exclure le concept de service écosystémique au profit des fonctions écologiques. Au contraire, la qualité objectiviste ou « ontologique » des sols efface la seule perspective d'une valorisation des sols par l'usage et l'identification unidimensionnelle de ces services (FARINETTI, 2013). Elle assied la valeur intrinsèque des sols. Cette valeur, bien qu'elle puisse apparaître antinomique avec la notion de service écologique en ce qu'elle est évaluée au regard du bien-être humain, reconnaît cependant que ce bien-être ne peut être atteint qu'au moyen du bon état des écosystèmes. C'est donc de façon indirecte qu'ils seront protégés par le droit de l'environnement, parce que leur qualité concourt au maintien de la qualité des autres éléments ainsi qu'au bien-être et à la santé humaine (1.), mais aussi parce que le droit ne peut ignorer l'interdépendance fonctionnelle des milieux (2.).

1. La qualité comme outil de pérennisation du sol

La pérennité du sol soulève la question de la protection de l'intégrité physique des hommes et de la protection de leurs biens. Les érosions des sols de montagne, l'érosion progressive du littoral, la submersion des îles et la fonte du pergélisol, représentent autant de risques pour l'homme qu'ils sont la conséquence directe et indirecte de la dégradation globalisée de l'environnement. L'aggravation de ce phénomène révèle l'impact des activités humaines sur les sols, à la fois de façon ciblée sur un sol donné, mais aussi de façon « déterritorialisée » en modifiant le climat à l'échelle mondiale. Les conséquences patentées de la dégradation de ces sols questionnent la capacité du droit à générer des solutions ultra-localisées en réponse à des phénomènes qui tendent à se généraliser et offrent un terrain d'étude privilégié de la mise en œuvre des règles de gestion intégrée, à l'instar de la gestion intégrée des zones côtières.

L'état avancé de la dégradation des sols soulève des problématiques d'ordre sécuritaire. De fait, la sécurité des sols, un temps uniquement appréhendée en droit français par la constructions d'importants ouvrages publics, c'est-à-dire de brise vagues pour lutter contre les assauts de la mer, ou par des travaux de décaissement pour maintenir les sols à flanc de montagne, appelle aujourd'hui à l'échelle internationale à une gestion intégrée. Les fonctionnalités des sols doivent être protégées parce qu'elles sont les plus aptes à maintenir les écosystèmes. Dans ce contexte, la qualité des sols se fait l'outil de la protection des sols et s'avère un moyen efficace de lutte contre l'érosion. Or, l'essor du concept de service écologique mobilise une certaine éthique du droit de l'environnement. Il faudrait se garder d'édifier des normes qui ne s'attachent qu'aux services, sans qu'un critère de naturalité ne soit défini. L'homme apprend à « fabriquer » des sols, des « technosols » qui miment les fonctionnalités de la nature, qui filtrent l'eau et stockent du carbone. Ces sols, en dépit des qualités qu'ils présentent, ne sauraient être considérés par le droit comme des milieux naturels, parce qu'ils sont artificiels.

2. La reconnaissance juridique de l'universalité fonctionnelle des sols

Les caractéristiques pédologiques constituent une richesse en elles-mêmes, tout comme elles participent à la qualité des autres écosystèmes et si le droit les reconnaît, il ne leur accorde pas de statut juridique propre. Elles réinterrogent l'efficacité des normes sectorielles en droit de l'environnement, tout comme les critères de délimitation et d'identification des milieux et des espèces protégés, en faveur d'une meilleure prise en compte des milieux « interfaces », « intermédiaires » ou « tampons ». Fonctions et services appellent au développement d'une approche juridique complémentaire propre à fonder la reconnaissance des interactions entre l'ensemble des écosystèmes. Dans cette optique s'ouvre la réflexion relative à l'élaboration de mécanismes de protection des qualités intrinsèques des sols, afin d'améliorer la protection dont ils bénéficient en droit de l'environnement. Le droit recherche le mesurable et le précis, il mobilise des critères toujours plus spécifiques, ce qui revient à « quantifier la nature » (TASSIN, 2013), mais cette mesure permet justement dans le cas des sols, de reconnaître la richesse de cette vie souterraine et d'identifier la multitude d'échanges de flux et d'énergie qui traverse les sols à l'insu du visible.

L'identification de ces qualités, avant même l'idée de leur protection, atteste de l'universalité des sols et de la solidarité écologique à laquelle ils participent entièrement. A cet égard, les questions qui se posent en droit de l'environnement quant au bien-fondé des limites territoriales, sont enrichies des réflexions tendant à l'identification des qualités des sols pour parvenir à redessiner un découpage plus écologique du territoire. Le sol, continue de constituer ces territoires, mais des territoires fonctionnels, plus ambitieux par exemple que la définition de l'aire d'adhésion des parcs nationaux qui certes se fonde sur les critères de la

continuité géographique et la solidarité écologique, mais qui demeure facultative pour les communes remplissant une telle condition.

La richesse des sols est une qualité écologique en soi que le droit peine à reconnaître. Aussi faibles soient-elles, le droit international dispose de plus de conventions, de chartes et de directives concernant la protection des sols, que les droits des Etats. Ces dernières s'avèrent inaptes à admettre la valeur intrinsèque de ce milieu qui pourtant est omniprésent. Ici, les qualités des sols sont appréhendées négativement, seulement en ce que les sols dégradés sont vecteurs de pollution et de risque, ou limitent les usages qui peuvent en être faits. Dans ce contexte, l'existence d'un statut de la qualité de l'eau atteste de son efficacité à protéger l'intégrité écologique du milieu et ne fait que confirmer la nécessité d'un statut de la qualité des sols, dans la mesure où « La protection des valeurs environnementales nous éloigne des droits absolus et permanents ou des monopoles stables » (BEURIER et LE MOAL, 1996). Afin d'améliorer la protection des sols, leur intégration dans les mécanismes de protection de l'environnement serait-elle suffisante ?

Le droit de l'environnement est conditionné par la reconnaissance progressive des éléments naturels qu'il faut protéger. Une telle démarche permet la définition de leur valeur écologique propre et contribue entre autres à leur distinction, ne serait-ce que symbolique, avant même que ne puissent être pesées les forces et les faiblesses du régime ainsi créé. La question de la protection des qualités des sols relativise toutefois le bien-fondé de la répartition juridique des éléments de l'environnement au sein de statuts et de régimes distincts, au bénéfice des réflexions œuvrant en faveur de la protection des processus écologiques. La protection de la qualité des sols révèle l'interdépendance des états de qualité des milieux. Il ne s'agit plus de protéger les milieux au regard des qualités qui leurs sont propres, mais de protéger d'une manière globale les processus, c'est-à-dire les interactions qui unissent les écosystèmes et qui font la qualité de l'environnement tout autant qu'ils en dépendent.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) BERNOUX M., CHENU C. *et al.*, 2011. – Le programme Gessol 2 : Impact des pratiques agricoles sur les matières organiques et les fonctions des sols, *Étude et Gestion des Sols*, vol. **18**, n°3, p. 137.
- (2) CECILLON L., 2009. – Quels indicateurs pour évaluer la qualité de sols forestiers soumis à des contraintes environnementales fortes, thèse, Cemagref Grenoble, science du sol, p. 14.
- (3) Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, Comité économique et social européen et au Comité des Régions - Stratégie thématique en faveur de la protection des sols [SEC(2006)620] [SEC(2006)1165] /* COM/2006/0231 final.
- (4) FARINETTI A., 2013 – « La protection juridique de la qualité du sol au prisme du droit de l'eau », *Env. et DD*, n°6, juin, p. 25.
- (5) M.-C. GIRARD, C. WALTER *et al.*, 2011. – Sols et environnement, Dunod, 2^e éd., 896 p.
- (6) GÜNTER BRAUCH H., OSWALD SPRING U., 2009. – Securitizing the ground, grounding security, Desertification land degradation and drought, UNCCD issue paper n°2, 52 p.
- (7) KARLEN D. L. *et al.*, 1997. – Soil quality: a concept definition and framework for evaluation, *Soil Science Society of American Journal*, n° **61**, pp.4-10.
- (8) LE MOAL R., BEURIER J.-P., 1996. – Statut juridique de la qualité de l'eau, *Revue de droit rural*, n°244, juin-juillet, p. 250.
- (9) Rapport du Secrétaire général, 2000. – Nous les peuples: Rôle des Nations Unies au XXI^e Siècle, *Ecosystem and human well-being, Current states and trends*, vol. **1** ; *Scenarios*, vol. **2** ; *Policy responses*, vol. **3** ; *Multiscale assessments*, vol. **4**, Island press, 2005.
- (10) REMOND-GOUILLOUD M., 1997. – L'environnement, sagesse de la propriété, *in* M. FALQUE, M. MASSENET, (dir.), *Droits de propriété et environnement*, Dalloz, p. 46.
- (11) RUIZ CAMACHO N., VELASQUEZ E. *et al.*, 2009. – Indicateurs synthétiques de la qualité du sol, *Étude et Gestion des Sols*, vol. **16**, n°3/4, pp. 323- 338.
- (12) TASSIN J., 2013. – Quantifier la nature, *Le Courrier de la Nature*, n°276, Juillet-août, p. 36.
- (13) THIBIERGE C., 1999. – Libres propos sur l'évolution du droit de la responsabilité, *Revue trimestrielle de droit civil*, p. 561.

DÉVELOPPEMENT CAFÉIER ET DISLOCATION DES SOCIÉTÉS PAYSANNES DANS LE SUD-OUEST ÉTHIOPIEN

par Samir El Ouaamari¹

Les agriculteurs du sud-ouest éthiopien pratiquent une caféiculture originale, basée sur l'aménagement des espaces boisés et combinée à la céréaliculture et au jardinage autour des maisons. Cette note a pour objectif d'expliquer les conditions socioéconomiques dans lesquelles cette caféiculture s'est développée. Il repose sur la comparaison de deux régions différentes en termes de spécialisation caféière : Kafa et Gomma. Il met en évidence l'accroissement des inégalités dans les régions les plus spécialisées, entre des exploitants patronaux prospères, et des agriculteurs tournés vers les cultures vivrières et le travail journalier et dont les conditions de vie se dégradent progressivement (figures 1 et 2). L'État, favorise ce processus en soutenant les producteurs les plus performants, et contribue à l'amplifier en concédant de vastes forêts à des investisseurs qui les transforment en grandes plantations à salariés.

COFFEE DEVELOPMENT AND DISLOCATION OF PEASANT SOCIETIES IN SOUTHWEST ETHIOPIA

In the Southwest Ethiopia's highlands, regarded as the genetic cradle of Coffea Arabica, farmers have developed original coffee management practices based on progressive forest transformation or ex nihilo installation of agroforests. Integral part of complex production systems carried out by smallholders, coffee production is most often combined with cereal cultivation with yoke on open spaces and hand tool-based gardening close to houses. The objective of this paper is to highlight the socioeconomic conditions under which such coffee-growing practices have emerged. It is based on a comparative analysis of two contrasted regions in terms of coffee specialization: Kafa and Gomma. The results show that alongside with a new rise of coffee growing since mid-1990s, the most specialized regions register an increase of inequalities between, on the one hand, well-off famers increasingly close to a business-like model, specialized in coffee production and trade and, on the other hand, smallholders dedicated to food-producing and facing a gradual degradation of their livelihoods (figures 1 and 2). The Ethiopian State, highly dependent for its functioning on the foreign currency obtained from coffee exports, not only favours this process by supporting model farmers or by improving coffee marketing and trade infrastructure, but contributes also to its extension with large scale forest concessions to investors to establish salaried coffee plantations.

Introduction

Le café joue un rôle central dans l'économie éthiopienne, représentant près de 40% de la valeur des exportations du pays (Petit, 2007). Produit essentiellement dans le cadre d'une petite agriculture familiale, il n'en demeure pas moins que les conditions environnementales et socioéconomiques dans lesquelles le café est cultivé sont très diverses. Sur les hautes terres du sud-ouest du pays, associé à l'aménagement des espaces forestiers, le café, « jamais exclusif des systèmes agraires » (Gascon, 1995), apparaît toujours articulé à d'autres productions essentiellement vivrières. Au sein même de cette région, la caféiculture présente des variantes considérables en ce qui concerne sa localisation dans le paysage agraire et le degré d'intensification en travail des pratiques qui lui sont associées. Ainsi, au caractère plus intensif des pratiques observables dans

¹ EL OUAAMARI, S. 2013. – Paysanneries amères au berceau de l'or brun. Développement caféier et dislocation des sociétés paysannes dans le sud-ouest éthiopien. Thèse de Doctorat dirigé par Hubert Cochet, professeur AgroParisTech. Université de Paris-Ouest Nanterre-La Défense. 638 p et annexes.
Adresse postale: aGter, 45 bis Avenue de la Belle Gabrielle. 94736 Nogent-sur-Marne Cedex;
Courriel : samir.elouaamari@agter.org

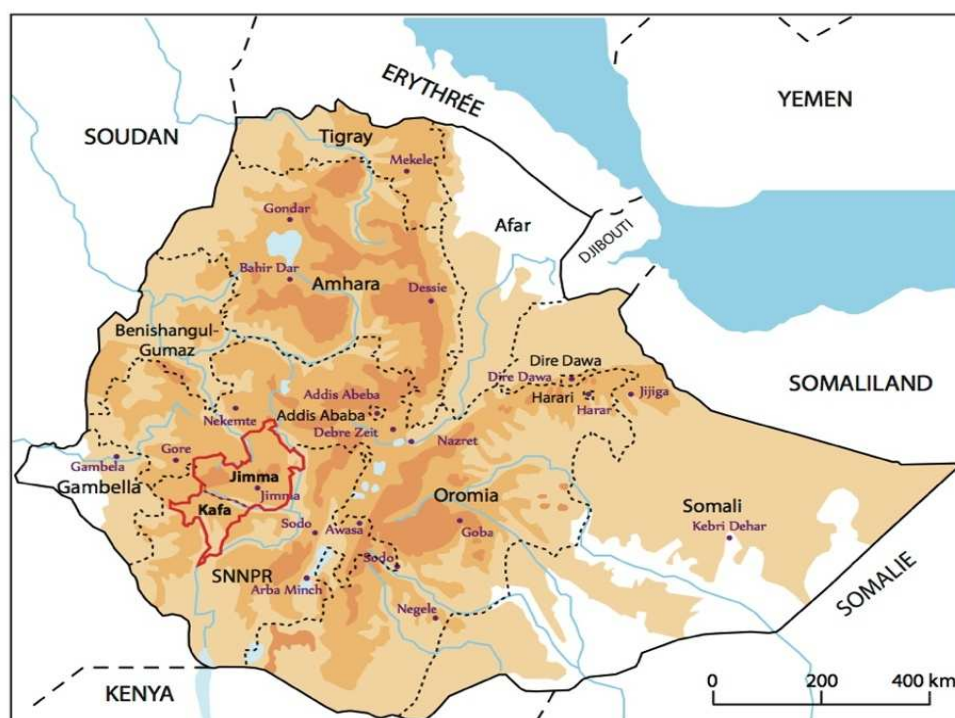
la région de Gomma (Jimma) s'oppose, en pays Kafa, la production de petites quantités de café, cantonnée à la ceinture la plus extérieure des massifs forestiers (voir carte).

Cette note cherche à éclairer les conditions socioéconomiques dans lesquelles ces différences régionales ont émergé au cours du XXe siècle. Elle met également en évidence comment les agriculteurs de ces régions intègrent actuellement la culture du café au sein de leurs unités de production. Elle évalue les moyens qu'ils affectent à celle-ci et les résultats économiques qu'ils en tirent. Aux conditions d'insertion de la caféiculture au sein des agricultures de ces régions, elle confronte un aperçu des politiques publiques actuelles destinées à accroître la production grâce au développement d'exploitations de grande taille.

Approches et méthode

Les résultats présentés dans cette note sont issus d'une thèse doctorale (El Ouaamari, 2013) qui s'inscrit dans le cadre de l'Agriculture Comparée. Cette approche pluridisciplinaire cherche à rendre intelligibles les processus de développement agricole et mobilise, à ce titre, la notion de système agraire, « un mode d'exploitation du milieu, historiquement constitué et durable, adapté aux conditions bioclimatiques d'un espace donné, et répondant aux conditions et aux besoins sociaux du moment » (Mazoyer, 1987). En vertu des différences paysagères qui les séparent, chacune des deux régions mentionnées - Kafa et Gomma - peut être identifiée à un système agraire distinct. Entre 2008 et 2011, 122 entretiens historiques et 61 enquêtes sur le fonctionnement technico-économique des exploitations ont été menés dans les deux régions afin d'en appréhender la complexité.

Un grand intérêt de la notion de système agraire est qu'elle permet d'établir le lien entre les rapports sociaux de production dominants à chaque période-clé de l'histoire et les modes d'exploitation du milieu qui en résultent. Ainsi, dans les deux régions évoquées, quelles ont été les évolutions de ces rapports le long du XXe siècle et comment ceux-ci se sont-ils traduits en termes de développement de la caféiculture ?



Carte : localisation des zones administratives étudiées dans le cadre de la thèse qui contiennent les deux régions mentionnées dans le texte : Kafa et Gomma. Le district de Gomma représente un petit territoire localisé dans la partie la centrale de la zone administrative de Jimma (Source : El Ouaamari, 2013 à partir de la Géographie Belin-Reclus).

A. Disponibilité de force de travail et essor inégal de la caféiculture commerciale

1. Des territoires aux devenir différents à l'issue des conquêtes de Ménélik II

À la fin du XIXe siècle, Kafa et Gomma correspondaient à deux petits royaumes qui suite à leur annexion à la grande Éthiopie sous Ménélik II allaient subir des sorts assez différents. En effet, le Kafa fut dévasté, connut une longue période de crise démographique et d'insécurité et ce n'est qu'à partir des années 1930, que les autorités encouragèrent la recolonisation des territoires abandonnés.

En revanche, Gomma devint très rapidement un fief de l'empire où les élites économique et politique proches de Ménélik, promouvaient l'extension des surfaces caféières au dépens de la forêt en s'appuyant sur la force de travail locale mais également en favorisant l'installation de journaliers venus d'autres régions du pays.

2. Le développement des grandes plantations caféières (1940-1970)

À partir des années 1940, le développement de grands domaines caféiers se généralise non seulement à Gomma mais aussi dans le Kafa. Cela va être le résultat d'un contexte de prix internationaux favorable mais aussi de la politique foncière d'Hailé Sélassié consistant à favoriser l'installation de grands propriétaires non-autochtones voulant investir dans la production de café.

Pourtant, ce développement va atteindre une forme plus aboutie à Gomma où la plupart des espaces boisés étaient aménagés en caféières au début des années 1970. Cette singularité s'explique par la plus grande facilité avec laquelle les grands propriétaires de Gomma, mobilisaient la main d'œuvre nécessaire pour les caféières. En effet, la stabilité régnante à Gomma (opposée au chaos dominant dans le Kafa jusqu'au milieu du XXe siècle) permettait à ces propriétaires d'installer aisément des migrants pour travailler dans les caféières. En plus, Gomma était resté bien intégré aux routes commerciales abyssiniennes anciennes et, à partir des années 1940, ces routes se sont accompagnées d'un afflux saisonnier de journaliers.

Cette disponibilité de force de travail moins limitée, explique que lorsque les prix internationaux diminuèrent à la fin des années 1960, la déprise de la caféiculture à Gomma fut moins forte que dans le Kafa, où tous les domaines furent repris par la forêt.

3. Des rapports sociaux inégalitaires associés au développement caféier actuel

Dans le Kafa et à Gomma, la réforme agraire proclamée en 1975 sous le régime militaire du Derg, consacre la petite propriété paysanne avec l'abolition des anciens prélèvements en nature ou en travail et l'expropriation partielle ou totale des grands propriétaires. Elle se traduit également par l'étatisation des plus grands domaines caféiers, surtout à Gomma.

Pendant le gouvernement du Derg les agriculteurs vont prioriser les productions vivrières et seront peu enclins à faire progresser les surfaces en café. Ceci est la conséquence de l'établissement de coopératives de production fortement encadrées par l'Etat et associées à des prix du café peu rémunérateurs.

Malgré cette réforme agraire, des inégalités non-négligeables ont traversé toute la période jusque dans les années 1990. En effet, pour des raisons diverses, certains exploitants ont obtenu des surfaces plus importantes que d'autres. De même, l'essor d'un marché noir du café a permis de préserver la situation privilégiée dont jouissaient certains producteurs avant le Derg. Ces différences se sont accentuées lorsque le gouvernement de l'Ethiopian People's Revolutionary Democratic Front (EPRDF) introduit le régime « d'économie mixte » à la fin des années 1990, redonnant un certain rôle au secteur privé. Dans les deux régions, ces changements vont s'exprimer au niveau des capacités pour affecter des ressources à la culture du café et accroître en conséquence les revenus et les capacités d'accumulation. Les écarts vont être plus manifestes à Gomma où la polarisation des rapports sociaux était bien plus prononcée avant la réforme agraire.

B. Comment les agriculteurs intègrent-ils aujourd'hui la culture du café ?

Afin de caractériser la place occupée par le café en termes de revenu et d'affectation des ressources, cette note propose une sélection d'archétypes représentatifs de certaines exploitations identifiées au fil des enquêtes. Ce choix permet de mettre en évidence les conditions nécessaires aux agriculteurs pour pratiquer une caféiculture rémunératrice et le rapport entre la spécialisation caféière, l'accroissement des écarts de revenu et la précarisation croissante d'une partie considérable de la paysannerie de la région.

1. Kafa : produire du café sans compromettre l'autosuffisance alimentaire

Dans le Kafa les agriculteurs familiaux combinent les cultures vivrières dans les clairières avec l'exploitation des forêts environnantes pour produire du café. Cette agriculture présente une autonomie relativement élevée reposant sur les complémentarités entre les espaces de clairière et de forêt (notamment en termes de transferts de fertilité et de production des attelages bovins) et sur la nature des rapports sociaux établis par les agriculteurs dans leur voisinage (entraide, mutualisation des risques, exploitation concertée d'une partie des espaces forestiers).

La figure 1 synthétise les résultats d'un exploitant du Kafa relativement aisé produisant plus de café que ses voisins. Pourtant, on constate que cette culture pèse relativement peu dans la valeur ajoutée brute (12%) comparée aux productions vivrières des parcelles en culture attelée et du jardin (73%). Une proportion similaire apparaît au niveau du calendrier agricole, où l'on observe que les actifs familiaux affectent principalement leur force de travail à la culture attelée et au jardin vivrier. Ces exploitants parviennent tout de même à consacrer un certain temps de travail au café ce qui leur permet d'obtenir un revenu monétaire non-négligeable. Ces capacités sont très liées à l'accès aisé à la traction attelée dont ils profitent.

En effet, les agriculteurs disposant de leur propre attelage, sèment précocement leur maïs (vers la mi-mars) et atteignent ainsi l'objectif de production vivrière tôt dans l'année (à partir de septembre), de manière que, lorsque la saison du café arrive en octobre, ils disposent de temps pour désherber et récolter les caféières. Le revenu obtenu du café permet à ces agriculteurs déjà bien équipés de consolider encore mieux leur accès aux attelages et ainsi de sécuriser la production vivrière et d'accumuler davantage. Ceci donne lieu à un processus naissant d'accroissement des inégalités socioéconomiques au sein de la paysannerie lié à la production de café. Celui-ci reste néanmoins très limité pour le moment dans le Kafa grâce à l'existence des rapports sociaux non marchands mentionnés. Il prend une autre allure dans les régions comme Gomma où le poids économique du café à l'échelle des exploitations est plus important.

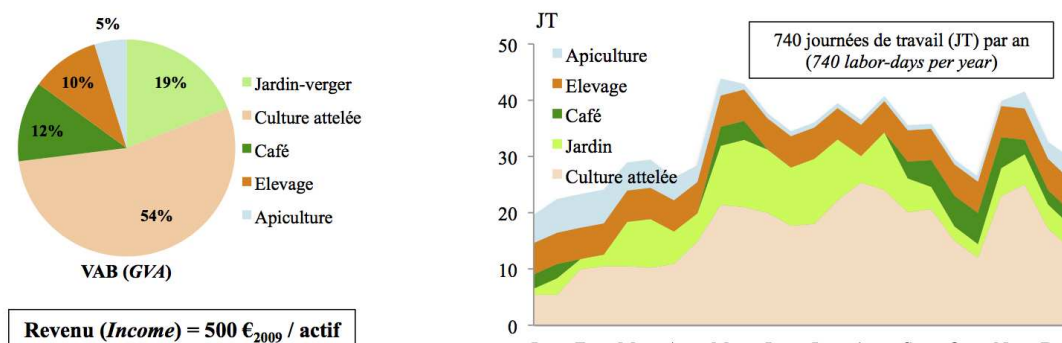


Figure 1 : Composition de la valeur ajoutée brute (VAB) et calendrier de travail d'une exploitation du Kafa caractérisée par un accès aisé à la traction attelée et une surface de 2,5 hectares en culture attelée (Source : El Ouaamari, 2014).

2. Gomma : exploitants-patrons prospères et agriculteurs-journaliers précaires

A Gomma, les écarts de revenu sont, en effet, beaucoup plus marqués que dans le Kafa. Ils se traduisent sous la forme d'une agriculture à deux vitesses avec des « exploitants patronaux » et des

agriculteurs, de plus en plus fragilisés et dépendants de la rémunération d'un travail journalier. La figure 2 représente une partie des résultats associés à ces deux cas archétypiques.

Les exploitants-patrons détiennent des surfaces de l'ordre de 10 ha qu'ils affectent en bonne partie à une caféiculture très intensive en travail. Ainsi le café représente une bonne moitié du revenu agricole (4500 €/actif et an) bien plus élevé que ceux enregistrés dans le Kafa. Ces exploitants recourent systématiquement à des journaliers qui combinent une bonne partie des besoins de main d'œuvre saisonniers associés au café (désherbages en mai et septembre et récolte d'octobre à janvier).

Ces journaliers sont très souvent des agriculteurs locaux appauvris du fait d'un accès précaire à la terre et de l'extension continue des caféières de leurs voisins qui s'accompagne d'une présence accentuée des ravageurs des cultures vivrières. Sur la figure 2, on observe bien que les pointes de travail de ces agriculteurs sont en phase avec celles des exploitants-patrons. Elles correspondent au travail journalier dans les caféières, très faiblement rémunéré et qui les laisse sous-employés une bonne partie de l'année (deux actifs ne travaillent que 290 jours annuellement).

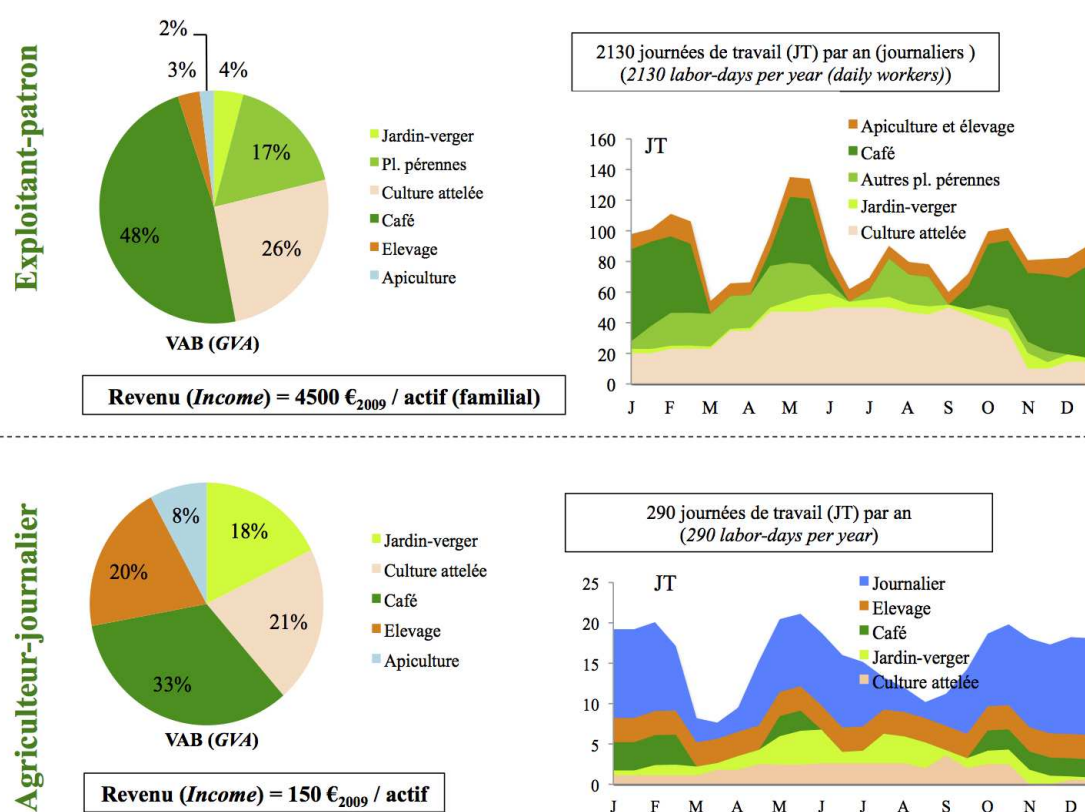


Figure 2 : Composition de la valeur ajoutée brute (VAB) et calendrier de travail correspondant à deux types contrastés d'exploitants de Gomma. 1. Exploitant-patron disposant de près de 10 hectares et d'un attelage complet ; 2. Agriculteur journalier disposant de 0,5 hectares et non équipé en traction attelée (Source : El Ouamari, 2014)

C. Développement caféier et accaparement foncier

L'État Ethiopien est actuellement le promoteur d'une politique d'ouverture aux investissements par laquelle de vastes espaces forestiers sont accordés en concession à des capitaux privés pour l'établissement de plantations de café à salariés. Ces grandes plantations peuvent être considérées comme le prolongement, à une échelle plus vaste, des exploitations caféières de type patronal qui surgissent dans la région de Gomma.

Les concessions forestières correspondent à des baux de longue durée conditionnés à la proposition d'un projet de plantation et à des garanties financières pour le mettre en œuvre. Les coûts associés à ces

domaines correspondent surtout à la force de travail journalière employée pour l'aménagement initial et, plus tard pour les désherbages et les récoltes. On peut conclure que ce type d'investissement est très profitable : à la quasi gratuité du foncier (taxe foncière annuelle de l'ordre d'un dollar par hectare) s'ajoute la faible rémunération des journaliers (environ 0,70 euros par journée de travail).

Dans le Kafa où d'importantes surfaces ont déjà été octroyées (18000 hectares en 2008), ces concessions représentent une menace pour le bon fonctionnement des unités de production, étant donnée les complémentarités entre les espaces de clairière et de forêt dont dépend l'autonomie des unités de production paysannes. Les retombées de ces projets en termes de création d'emploi sont mises en avant par ceux qui justifient ces politiques. Cependant l'intérêt que les agriculteurs peuvent porter à cette possibilité est limité (El Ouaamari et Cochet, 2014). D'une part le travail dans les plantations est soumis à une forte saisonnalité et interfère directement avec des périodes-clé du calendrier des cultures vivrières. D'autre part ce type d'emploi accroît la dépendance d'un revenu monétaire, une situation risquée que les agriculteurs essaient d'éviter. En effet, la situation créée par l'envolée des prix des céréales en 2008 révèle la fragilité des journaliers soumis à de fortes variations de leur pouvoir d'achat.

Conclusion

On peut conclure que c'est bien dans le cadre de rapports contradictoires et inégalitaires que la spécialisation caféière a fait son chemin sur les hautes terres forestières du sud-ouest éthiopien. En effet, là où pour des raisons historiques le développement de la caféiculture a été le plus poussé (en lien notamment avec l'avantage comparatif de disposer d'une force de travail abondante), on observe aujourd'hui une dégradation des conditions de vie de nombreux agriculteurs, amenés à dépendre de plus en plus du travail journalier dans les plus grandes caféières.

Ces dernières sont l'apanage d'une classe aisée d'exploitants-patrons qui ont su préserver leur influence par-delà la réforme agraire de 1975 et qui constituent en quelque sorte une préfiguration, à une échelle plus réduite, des très grandes structures de plusieurs centaines d'hectares qui prolifèrent au rythme des concessions forestières effectuées par les autorités, notamment dans le Kafa.

Aujourd'hui, certaines grandes plantations pâtissent du manque d'intérêt des agriculteurs locaux pour le travail journalier proposé. Il n'en demeure pas moins que de plus en plus limités dans leur accès aux ressources forestières, les agriculteurs du Kafa pourraient voir leur situation économique se dégrader et être alors plus enclins à recourir à cet emploi salarié, rejoignant ainsi l'armée de réserve à laquelle ce type d'accaparement risque de donner lieu à terme.

Les suites possibles de ce travail de recherche et la prospective

Le café éthiopien, dont la qualité est internationalement reconnue est source de richesse et pourrait participer pleinement au développement économique d'un pays qui reste parmi les plus pauvres de la planète. Les résultats de cette thèse devraient aider les décideurs et les bailleurs de fonds sur les choix en termes de politique agricole les plus adaptés pour en faire profiter au mieux à la collectivité éthiopienne. En particulier, ces résultats démontrent que le choix du modèle de grande plantation à salariés n'est pas, malgré les apparences, celui permettant de créer le plus de richesse par unité de surface. Il en découle un coût d'opportunité pour la société éthiopienne des ressources immobilisées – notamment foncières et forestières – très élevée.

Pour aller plus loin, il serait intéressant de conduire, sur les terrains enquêtés, un travail d'évaluation d'impact ou économique des projets de grandes plantations de café à salariés. Il s'agirait d'en déduire qu'est-ce que ces projets apportent à la société éthiopienne dans son ensemble par rapport à la situation « sans projet ». Dans le cas du Kafa, cette dernière correspond à une agriculture familiale en évolution au sein de laquelle les agriculteurs qui disposent des moyens pour atteindre plus facilement l'autosuffisance alimentaire de leurs foyers sont en mesure d'affecter les rares ressources dont ils disposent pour développer des caféières en bordure de forêt. Le revenu obtenu de ces caféières participe à renforcer la résilience de leurs systèmes de production sans compromettre pour autant la cohésion sociale à l'échelle des groupes de voisinage. Le travail d'évaluation suggéré permettrait ainsi de formuler de nouvelles pistes d'intervention qui passeraient, peut-

être, par la mise en place de dispositifs de certification – et donc, de régulations conséquentes au niveau des filières – garants d'un café produit au sein de ces systèmes de production qui préservent la sécurité alimentaire de la paysannerie. Les résultats de ces évaluations pourraient être enrichis par une analyse croisée d'autres contextes géographiques (en Ethiopie et ailleurs) dans lesquels ces dispositifs de certification sont mis en œuvre.

Références bibliographiques citées

- (1) EL OUAAMARI, S et COCHET, H. 2014. – *The role of coffee in the development of southwest Ethiopia's forests: farmers' strategies vs investors' speculation. Society and Natural Resources.* **27** (2) : 200-214.
- (2) EL OUAAMARI, S. 2013. – Paysanneries amères au berceau de l'or brun. Développement caféier et dislocation des sociétés paysannes dans le sud-ouest éthiopien. Thèse de Doctorat. Université de Paris-Ouest Nanterre-La Défense. 638 p et annexes. Présentée à l'Académie d'Agriculture en 2014
- (3) GASCON, A. 1995. – Les enjeux fonciers en Éthiopie et Érythrée de l'Ancien Régime à la Révolution. In Blanc-Pamard C. et Cambrézy L. (coord.) : Terre, terroir, territoire, les tensions foncières : 361-392. ORSTOM/CEA-URA94. Collection Colloques et Séminaires. Paris.
- (4) MAZOYER, M. 1987. – Dynamique des Systèmes Agraires (rapport de synthèse présenté au Comité des systèmes agraires). Ministère de la Recherche et de la Technologie. Paris. 20 p.
- (5) PETIT, N. 2007. – *Ethiopia's coffee sector: a bitter or better future? Journal of Agrarian Change.* **7**(2) 225–263.

CONCLUSION

par Michel-Claude Girard¹

Cette séance a montré l'enrichissement que vous constituez, puisque, selon le vieil adage « si jeunesse savait, si vieillesse pouvait ». Vous, vous pouvez, et nous, nous savons,... plus ou moins.

En conclusion de cette séance, je m'adresserai successivement à tous les corps représentés, car si nous sommes dans des situations diverses, en fait, nous ne formons qu'un seul corps : celui qui avance à travers les méandres scientifiques en regardant ce qui peut aider ceux qui gouvernent à avancer vers une meilleure intégration de l'homme, des écosystèmes et de l'esprit.

À vous jeunes docteurs,

Merci de nous envoyer votre thèse pour que les académiciens l'étudient. Vous montrez que vous avez compris que l'académie porte une attention spéciale à vos travaux de jeunes chercheurs qui constitueront l'avenir de la recherche des prochaines années. Cela prépare votre entrée dans l'académie,... dans quelques années ! Mais aussi cela permet aux académiciens de se rajeunir et de porter une attention toute spéciale aux travaux récents et novateurs, travaux qu'ils n'auraient pas imaginés lorsqu'ils étaient en activité.

Merci de ne pas nous considérer tous comme des « *has been* ».

À vous parents

J'espère que vous avez passé une bonne après-midi, même si vous n'avez pas forcément perçu toutes les subtilités des travaux présentés, par vos enfants, ou par les autres. Cela vous a constitué une occasion de

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Ingénieur agronome – pédologue. Professeur émérite AgroParisTech.

venir dans ces murs, ceux de l'AAF, et d'y découvrir tout ce qui était écrit aux murs. Vous aurez sûrement reconnus quelques noms.

Merci à vous responsables de thèses

Vous découvrez aussi, pour certains, les travaux de l'académie. Cela en complément de tout ce dont vous prenez connaissance chaque mois dans le mensuel électronique de l'académie ; le mensuel recensant toutes les présentations de thèse et les notes de recherche. D'ailleurs vous pouvez publier des notes, indépendamment des thèses. Vous avez constaté que l'Académie d'agriculture de France continue ses travaux et prend en compte les recherches les plus récentes.

Merci aussi à l'académie

qui a su se mettre au courant et s'installer dans le monde du numérique par son site internet renouvelé, et qui par les échanges que nous instituons avec vous, prend sa véritable valeur : celle d'être au service de la science et de la technique. Non seulement par les présentations de thèses mais aussi par la publication rapide des notes de recherche. Elles permettent de prendre date, mais aussi préciser l'objectif du travail et surtout de réfléchir à la place qu'il a dans la société, et d'imaginer quel est son avenir.

Merci à nos confrères et consœurs, aux secrétaires de section,

qui prennent beaucoup de leur temps pour analyser vos travaux de thèse et qui discutent pour savoir celui qui doit être récompensé par une médaille d'argent. Ces travaux représentent à leurs yeux un avenir en matière de recherche et d'amélioration de la société.

Les travaux de l'Académie

sont en effet très nombreux : réalisation de séances, publiques, et mise sur internet avec la possibilité de les réentendre au moment où les personnes extérieures à l'académie le désirent (par vidéo), intervention dans de nombreux colloques, conférences, etc. Réalisation de travaux multidisciplinaires en interactions entre les sections, avis donnés aux instances gouvernementales, réflexions alliant la science, la technique et la gouvernance, petits déjeuner sur l'impact de divers sujets d'actualité, et publication de la revue, de la lettre, et du Mensuel électronique de l'Académie.

Cette séance est l'aboutissement d'une révision en profondeur du travail que les académiciens apportent à la société. Mais ce n'est qu'un début, et nous espérons que cette collaboration se développera dans les prochaines années.

Pour tout cela il faut remercier le secrétaire perpétuel, la présidente et son bureau, ainsi que les responsables de la communication d'une part et des relations entre enseignement supérieur agricole et l'Académie d'autre part.

Souhaitons que la communication qui vient de s'établir entre vous et l'académie se développe et atteigne l'enseignement technique agricole, ses enseignants et ses étudiants en BTS et Licence professionnelle.

Merci, et n'oubliez pas de faire savoir à ceux qui vous suivent que les portes de l'académie leur sont ouvertes, de même que la participation à toutes ses séances. Nous constituerons ainsi un réseau social et scientifique en connexion, je l'espère, avec les acteurs de l'agriculture qui sont sur le terrain.

Je vous remercie d'être venu : vous rajeunissez notre académie, vous l'encouragez à s'ouvrir encore plus, puisque, pour l'académie, vous êtes et représentez l'avenir.

Colloque de l'Académie d'agriculture de France

INTERACTIONS PLANTES-MICROORGANISMES TELLURIQUES AU SERVICE DE L'AGROÉCOLOGIE

Le sol renferme une quantité gigantesque de microorganismes, de l'ordre d'un milliard par gramme de sol. Ces microorganismes interagissent entre eux et avec le système racinaire des plantes, exerçant des effets délétères (parasitisme), neutres (commensalisme) ou bénéfiques (mutualisme ; e.g. les champignons mycorhiziens, les bactéries fixatrices d'azote et les microorganismes promoteurs de croissance) sur la croissance et la santé des plantes. Le colloque a pour ambition de présenter et discuter les avancées récentes dans les connaissances des interactions entre plantes et microorganismes du sol. De telles avancées ouvrent en effet de nouvelles voies pour orienter ces interactions afin de promouvoir les effets bénéfiques du microbiote de la rhizosphère sur la plante dans des systèmes de culture plus durables et plus économes en intrants de synthèse (engrais, pesticides). Plusieurs pistes de recherche contribuent à ces ambitions : i) meilleure connaissance du microbiote rhizosphérique et de ses fonctions, ii) identification de traits génétiques de plantes promouvant les populations et activités microbiennes bénéfiques, et iii) culture de plantes, inoculation de microorganismes bénéfiques et application de molécules modulant la signalisation moléculaire plantes-microorganismes (e.g. facteurs Nod et Myc ; quorum sensing, quorum quenching). Ce colloque a pour vocation de discuter le potentiel de ces recherches pour le développement de l'agroécologie.

<http://agriculture.gouv.fr/les-10-cles-de-lagro-ecologie>

<http://www.fao.org/globalsoilpartnership/ais-2015/fr/>

Modérateur : Dominique Job, directeur de recherche émérite au CNRS, Laboratoire mixte CNRS/Bayer CropScience, UMR CNRS 5240, Lyon ; Académie d'agriculture (Sciences de la vie)

MOTS DE BIENVENUE

par Gérard **Tendron**¹

Le colloque sur la biologie des sols et l'agroécologie qui se tient aujourd'hui à l'Académie d'agriculture de France s'inscrit dans le cadre de l'année internationale des sols. Compte-tenu de l'importance des sols en agriculture, l'Académie d'agriculture a inscrit cette problématique dans son programme de travail 2015 et a organisé ou soutenu plusieurs actions sur ce thème. Un premier colloque s'est ainsi déroulé au ministère de l'Agriculture le 24 juin 2015, portant sur les propriétés physicochimiques des sols en lien avec la culture des plantes. Au cours de la Journée mondiale des sols qui se tiendra au Sénat le 3 décembre, et à laquelle l'Académie s'associe, je remettrai des médailles d'argent, de vermeil et d'or aux lauréats dont les travaux ont porté sur les sols. Enfin, le 8 décembre 2015 nous organisons un colloque intitulé Empreinte des climats et des hommes dans les sols et paléosols et le 27 janvier 2016 une séance controversée sur les sols. Un livre réunissant les communications du colloque du 24 juin et de celui d'aujourd'hui sera publié par l'Académie.

¹ Secrétaire perpétuel de l'Académie.

Le colloque de ce jour porte sur des aspects biologiques et plus précisément sur les interactions plantes-microorganismes telluriques au service de l'agroécologie. On sait en effet que le sol renferme une quantité gigantesque de microorganismes, de l'ordre d'un milliard par gramme de sol. Ces microorganismes interagissent entre eux et avec le système racinaire des plantes, exerçant sur la croissance et la santé des plantes des effets délétères comme le parasitisme, neutres comme le commensalisme ou bénéfiques tels les champignons mycorrhiziens, les bactéries fixatrices d'azote et les microorganismes promoteurs de croissance.

Ce colloque a pour ambition de présenter et de discuter les avancées récentes dans les connaissances des interactions entre plantes et microorganismes du sol. Elles concernent par exemple la caractérisation globale des microorganismes des sols à l'échelle de la France par des approches de métagénomique permettant la mise en évidence des populations microbiennes en fonction des conditions environnementales ou des types de cultures mises en place. Elles concernent également des travaux de génétique moléculaire montrant que des exsudats racinaires sont capables de sculpter le microbiote racinaire, inhibant ou activant la croissance de populations microbiennes spécifiques. De telles avancées scientifiques ouvrent de nouvelles voies pour orienter les interactions plantes-microorganismes afin de promouvoir les effets bénéfiques du microbiote de la rhizosphère sur la plante dans des systèmes de culture plus durables et plus économes en intrants de synthèse, engrais et pesticides notamment.

Ce colloque doit permettre de discuter le potentiel de ces recherches pour le développement de l'agroécologie. Dans certains débats ou médias, l'agroécologie peut apparaître comme un type d'agriculture repliée sur le passé, en réaction ou en opposition avec les problèmes engendrés par l'agriculture intensive pratiquée aujourd'hui. Il nous paraît important de montrer lors de cette journée que l'agroécologie est une discipline scientifique émergente et prometteuse dont les enseignements permettront, sur des bases nouvelles, l'amélioration des plantes et des pratiques culturales dans le cadre d'une agriculture durable, au bénéfice des agriculteurs et dans le respect de l'environnement et de la qualité alimentaire des produits végétaux.

INTRODUCTION AU COLLOQUE

par Jean-François Briat¹

Deux mille quinze est l'année internationale des sols, et notre Académie en a logiquement fait un axe prioritaire de son programme de travail. Dans ce contexte, nos confrères Daniel Tessier, Jacques Berthelin, Gilles Lemaire, Jean-Charles Munch et Jacques Ranger de la section 5 ont organisé, le 24 juin dernier, un colloque intitulé « Utilisation du potentiel biologique des sols, un atout pour la production agricole » (1). Au cours de cette journée, un accent fort avait été mis sur le sol, en tant que composant essentiel de la biosphère, issu d'une longue évolution dont l'activité biologique, sous ses nombreuses formes (macro- et microfaune), est le moteur principal. L'évolution des techniques (d'imagerie en particulier) d'analyse des sols, couplées à la modélisation, ont permis des progrès considérables dans notre compréhension de la structure / géométrie des sols résultant des interactions entre leurs propriétés physico-chimiques et la biologie des organismes qui s'y développent. Cette connaissance est essentielle pour pouvoir agir à la fois sur la préservation et l'amélioration des sols agricoles qui jouent un rôle essentiel pour la production agricole.

Tout comme le colloque du 24 juin 2015, notre colloque s'inscrit dans le cadre de l'Année internationale des sols avec un focus plus important sur les interactions entre les plantes et les microorganismes telluriques. Sur ces bases, notre colloque ambitionne de montrer comment l'approfondissement des connaissances scientifiques dans ce domaine ouvre des perspectives de pilotage de l'agroécologie.

Un exemple étant parfois plus pédagogique qu'un long discours, j'introduirai ce colloque par la présentation d'une étude conjointe entre le laboratoire de Philippe Lemanceau à Dijon et mon laboratoire à Montpellier, réalisée il y a quelques années. La surexpression de ferritines, protéines de stockage du fer, dans des plantes transgéniques crée un puits de fer dans ces plantes et conduit à l'activation des systèmes d'acquisition de ce métal par les racines. Il en résulte un appauvrissement en fer de la solution du sol,

¹ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture, Directeur de recherche au CNRS.

entraînant une modification de la flore microbienne basée sur la sélection de bactéries plus efficaces dans l'absorption du fer, bactéries ayant en retour un effet bénéfique sur la nutrition et la santé des plantes (2-5).

Cette journée a donc pour but de faire le point sur les avancées récentes dans les connaissances des interactions entre plantes et microorganismes du sol. De telles avancées ouvrent en effet de nouvelles voies pour orienter ces interactions afin de promouvoir les effets bénéfiques du microbiote de la rhizosphère sur la plante dans des systèmes de culture plus durables et plus économes en intrants de synthèse (engrais, pesticides) (6). Plusieurs pistes de recherche contribuent à ces ambitions : i) meilleure connaissance du microbiote rhizosphérique et de ses fonctions, ii) identification de traits génétiques de plantes favorisant les populations et activités microbiennes bénéfiques, et iii) culture de plantes, inoculation de microorganismes bénéfiques et application de molécules modulant la signalisation moléculaire plantes-microorganismes (e.g, facteurs Nod et Myc, quorum sensing et quorum quenching).

Trois thèmes seront successivement abordés pour illustrer ces pistes de recherches :

1. « **Comment orienter les communautés et populations microbiennes telluriques ?** » permettra de mettre en évidence l'aspect dynamique des interactions entre plantes et micro-organismes du sol, et les boucles d'action / rétroaction qui régissent ces interactions
2. « **Progrès dans la connaissance de la signalisation plantes – microorganismes** » illustrera des aspects moléculaires de la signalisation, à la fois au niveau global de l'expression de génomes des partenaires de l'interaction avec l'exemple arbre – champignon mycorhizien, et au niveau plus ciblé des molécules clés de ces signalisations (facteurs Nod et Myc, petits peptides)
3. « **Etat des recherches sur des microorganismes favorables à la croissance et la santé des plantes** » présentera quelques exemples d'intégration des interactions, mettant en évidence leur potentiel pour l'ingénierie écologique.

Enfin, Pierre Pagesse, président du Groupement national interprofessionnel des semences et plants, nous fera l'honneur de tirer les conclusions de la journée et de dégager quelques perspectives pour éclairer les attentes pour l'agroécologie des recherches sur les interactions plantes-microorganismes.

RÉFÉRENCES

- (1) <http://www.academie-agriculture.fr/colloques/utilisation-du-potentiel-biologique-des-sols-un-atout-pour-la-production-agricole>
- (2) VAN WUYTSWINKEL O., VANSUYT G., GRIGNON N., FOURCROY P., BRIAT J.F., 1999. – Iron homeostasis alteration in transgenic tobacco overexpressing ferritin. *PLANT JOURNAL* **17**, 93-98
- (3) ROBIN A., VANSUYT G., CORBERAND T., BRIAT J.F., LEMANCEAU P., 2006. – The soil affects both the differential accumulation of iron between wild type and ferritin over-expressor tobacco plants and the sensitivity of their rhizosphere bacterioflora to iron stress. *PLANT AND SOIL* **283**, 73-81
- (4) ROBIN A., MAZURIER S., MOUGEL C., VANSUYT G., CORBERAND T., MEYER J.M., LEMANCEAU P., 2007. – Diversity of root-associated fluorescent pseudomonads as affected by ferritin overexpression in tobacco. *ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY* **9**, 1724-1737
- (5) ROBIN A., VANSUYT G., HINSINGER P., MEYER J.M., BRIAT J.F., LEMANCEAU P., 2008. – Iron dynamics in the rhizosphere: consequences for plant health and nutrition. *ADVANCES IN AGRONOMY* **99**, 183-225
- (6) LEBEIS S.L., PAREDES S.H., LUNDBERG D.S., BREAKFIELD N., GEHRING J., MCDONALD M., MALFATTI S., GLAVINA DEL RIO T., JONES C.D., TRINGE S.G., DANGL J.L., 2015. – Salicylic acid modulates colonization of the root microbiome by specific bacterial taxa. *SCIENCE* **349**, 860-864

COMPREHENSION ET VALORISATION DES INTERACTIONS ENTRE PLANTES ET MICROORGANISMES TELLURIQUES : UN ENJEU MAJEUR EN AGROÉCOLOGIE

par Philippe **Lemanceau**¹

La libération d'une part significative des produits de photosynthèse de la plante sous forme de rhizodépôts constitue une source majeure de composés organiques pour la microflore hétérotrophe du sol qui est principalement en état de stase du fait de la forte compétition nutritionnelle régnant au niveau du sol. Parmi l'immense biodiversité tellurique, la plante sélectionne des populations particulières bien adaptées à l'environnement rhizosphérique et qui diffèrent selon le génotype de la plante. Cette sélection repose sur l'aptitude des populations microbiennes à tirer au mieux profit des composés organiques libérés, mais également sur une signalisation moléculaire à l'origine de phénomènes de reconnaissance spécifique.

Le maintien de la libération des rhizodépôts au cours de l'évolution végétale et sa généralité au sein du règne végétal suggèrent que le coût énergétique correspondant est compensé par des bénéfices pour la plante (ex : champignons mycorhizogènes et bactéries fixatrices d'azote). Le phénomène de déclin du piétin échaudage du blé a ainsi été attribué à la sélection par les racines infectées par l'agent pathogène de populations bactériennes productrices d'antibiotiques, ces relations multitrophiques ont probablement contribué au maintien de cette plante. D'une façon générale, il semble que le maintien des espèces végétales en situations peu anthropisées ait reposé sur des processus de coévolution plantes-microorganismes impliquant des bénéfices réciproques. Ces processus sont pour certains d'entre eux très anciens (respectivement 50 et 400 millions d'années pour les symbioses bactériennes fixatrices d'azote et pour les symbioses endomycorhiziennes).

Cependant, notre compréhension de ces processus coévolutifs demeure limitée du fait de notre connaissance très partielle de la biodiversité des sols. Les développements techniques relatifs à l'extraction de l'ADN des sols, à l'analyse de son polymorphisme et plus récemment au séquençage haut-débit permettent maintenant d'analyser la diversité génétique des communautés microbiennes. Notre connaissance fragmentaire des processus coévolutifs est également liée à l'insuffisante prise en compte du partenaire végétal lors des études d'écologie de la rhizosphère. L'association de compétences en écologie microbienne, génétique et écophysiologie végétale doit permettre d'identifier des traits génétiques végétaux contribuant à la sélection de populations telluriques favorables, afin d'obtenir à terme des génotypes végétaux valorisant mieux les ressources biotiques et abiotiques et donc nécessitant moins d'intrants. Cette approche s'intègre dans les recherches en agroécologie qui visent à proposer des systèmes de culture innovants tirant profit des interactions entre communautés.

ORIENTER LES COMMUNAUTÉS ET POPULATIONS MICROBIENNES TELLURIQUES VIA L'UTILISATION DE PLANTES PRODUCTRICES D'OPINES

par Yves **Dessaux**²

L'exsudation racinaire étant un des facteurs premiers affectant la structure des populations et communautés microbiennes associées aux racines, nous nous sommes intéressés aux mécanismes fins associés à ce processus. Pour cela, nous avons généré différentes lignées végétales productrices d'un composé habituellement absent de la rhizosphère, les opines, marqueurs des tumeurs de crown gall induites par *Agrobacterium* spp. Nous avons montré que les modifications affectant les populations et communautés

¹ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture, Directeur de recherche à l'INRA.

² Directeur de recherche au CNRS, Département de Microbiologie, Institut de biologie intégrative de la cellule.

associées aux plantes à exsudation modifiée étaient spécifiques de l'opine utilisée et de certaines populations et communautés. Nous avons également montré que ces modifications pouvaient être soit transitoires, soit partiellement rémanentes. Enfin plus récemment, utilisant à la fois des plantes à exsudation modifiée ou un système de « rhizosphère artificielle », nous suggérons – conformément à des hypothèses présentées par d'autres - que les bactéries de la rhizosphère peuvent présenter des stratégies de colonisation différentes : la copiotrophie (nécessité de niveaux élevés en composés organiques pour la croissance) et l'oligotrophie (croissance possible dans un milieu de faible disponibilité en composés organiques).

ORIENTER LES COMMUNAUTÉS ET POPULATIONS MICROBIENNES TELLURIQUES VIA L'UTILISATION DE BIOSTIMULANTS PERTURBANT LA COMMUNICATION MOLECULAIRE BACTERIENNE

par **Xavier Latour**³ et **Denis Faure**⁴

La virulence de nombreux phytopathogènes bactériens est régulée par une communication quorum sensing. Ce mécanisme repose sur la synthèse et la perception de molécules diffusibles (e.g., N-acyl-homosérine lactone) induisant un comportement coordonné de la population, susceptible de surpasser les défenses de la plante. Ce système de communication est devenu une cible pour le développement de nouvelles méthodes de lutte biologique. L'une d'elles repose sur l'utilisation de bactéries rhizosphériques auxiliaires capables de dégrader les signaux des pathogènes et donc d'interrompre leur communication (quorum quenching). Cette thérapie n'est pas destinée à éradiquer l'agent pathogène, mais plutôt à la maîtrise de sa virulence tout en limitant les phénomènes de résistances et les perturbations du microbiote végétal. Les études actuelles visent à appliquer en conditions hydroponiques et aux champs des formulations bactériennes biostimulantes permettant un quorum quenching à grande échelle. Ces études sont rendues possibles grâce à la participation active d'organisations de professionnels fortement impliquées dans les essais en conditions de production, mais aussi dans la recherche fondamentale amont.

LES MÉCANISMES DE SIGNALISATION MOLÉCULAIRE RÉGULANT LE DÉVELOPPEMENT DE LA SYMBIOSE MYCORHIZIENNE

par Francis **Martin**⁵

Dans le monde complexe de la rhizosphère – la zone d'influence de la racine – des milliers d'espèces de bactéries, de champignons, et d'animaux microscopiques évoluent et entrent en compétition pour les ressources carbonées libérées par la plante. Les champignons symbiotiques se frayent un chemin vers la racine afin d'entrer en contact avec leur partenaire et établir la symbiose. Comment le champignon symbiotique reconnaît-il son partenaire végétal dans ces entrelacs souterrains de racines ? Comment la plante-hôte distingue-t-elle le champignon bénéfique du champignon parasite ? Tout est question de dialogue ... chimique. Le vocabulaire moléculaire employé par les partenaires de la symbiose mycorhizienne est maintenant décrypté grâce à une série de travaux remarquables des équipes de recherche françaises. Il repose sur un échange de molécules – strigolactones, oligosaccharides, protéines effectrices secrétées. Ces molécules sont perçues par des récepteurs membranaires et nucléaires de la plante et induisent une cascade

³ Maître de conférences à l'Université de Rouen (Normandie Université).

⁴ Directeur de recherche au CNRS.

⁵ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture, Directeur de recherche à l'INRA

de mécanismes conduisant à des changements dans l'expression de centaines de gènes indispensables à la mise en place de l'interaction symbiotique. Certains des facteurs fongiques secrétés sont capables de contrôler la réponse immunitaire de la plante colonisée. C'est la variété des molécules de communication, ainsi que leur concentration, qui semble déterminer la spécificité des interactions établies entre les partenaires fongiques et les racines des différentes espèces de plantes colonisées.

NOUVELLES APPROCHES EN PROTECTION DES CULTURES

par Marie-Claire Grosjean-Cournoyer⁶

L'agriculture fait face à des challenges très importants pour assurer l'objectif de sécurité alimentaire mondiale. La limitation des terres arables, l'augmentation de la population, les fluctuations météorologiques et les changements des habitudes alimentaires en sont des exemples. Pour compenser la différence entre la production agricole et les besoins prévisionnels des populations, il faut trouver des moyens pour assurer la productivité nécessaire. Cela passe par l'innovation dans différents domaines comme les semences, la protection des semences et des cultures et l'optimisation du rendement. Un des moyens d'optimiser le rendement notamment dans des conditions de stress abiotiques comme par exemple la sécheresse ou des conditions de sols pauvres est d'utiliser la connaissance entre les interactions plantes et microorganismes et les signaux qui régissent ces interactions. L'objectif de cette présentation est donc de montrer comment une entreprise de la protection des cultures développe de nouvelles approches afin d'aider les agriculteurs à répondre à ces défis.

RÔLE DES PETITS PEPTIDES RICHES EN CYSTÉINES DANS LA SYMBIOSE FIXATRICE D'AZOTE ATMOSPHÉRIQUE

par Peter Mergaert⁷

La mise en place de symbioses nutritionnelles comme l'association de plantes légumineuses avec des rhizobia, bactéries fixatrices d'azote, permettent aux organismes hôtes de proliférer dans des milieux qui sont pauvres en certains nutriments. Ce type d'interactions nécessite le maintien d'une très grande population bactérienne au sein de l'hôte, dans un organe symbiotique, requérant un contrôle strict de l'homéostasie entre l'hôte et le symbiote, de telle sorte que l'infection par les bactéries ne provoque pas un collapse des cellules hôtes ou au contraire que ces cellules n'éliminent pas les bactéries. Nous avons découvert que certaines légumineuses produisent un arsenal de peptides antimicrobiens, appelés « *Nodule-specific Cysteine-Rich peptides* » (ou NCRs) dans les cellules de l'organe symbiotique, la nodosité, afin de contrôler la population de rhizobia. Ces NCRs modulent le cycle cellulaire des bactéries résultant en un état polyploïde couplé à un important allongement cellulaire des symbiotes. Nos analyses préliminaires suggèrent que la polyploïdisation des symbiotes par les NCRs augmente l'efficacité de la symbiose. De plus, les peptides NCRs ont une activité antimicrobienne contre une grande variété de microorganismes et pourraient donc avoir un intérêt thérapeutique.

⁶ Directrice des Affaires scientifiques chez Bayer CropScience France.

⁷ Directeur de recherche au CNRS, Institut de Biologie Intégrative de la Cellule.

LES FACTEURS NOD ET LES FACTEURS MYC: SIGNAUX SYMBIOTIQUES OU FACTEURS DE CROISSANCE ET DE DEVELOPPEMENT DES PLANTES?

par Guillaume **Becard**⁸

La chitine est un polymère à longue chaîne de N-acétyl-glucosamines (GlcNAc) très commun puisque qu'on le retrouve comme composant principal de la paroi cellulaire des champignons, la carapace des crustacés et l'exosquelette des insectes. On a découvert ces dernières années que des chaînes courtes de ce même polymère, simples ou avec différentes décorations chimiques, sont perçues par les plantes avec une très grande sensibilité grâce à une famille de récepteurs-kinase spécifiques. A des concentrations inférieures au nanomolaire, et selon leur structure, elles déclenchent des programmes symbiotiques, des réponses immunitaires et des modifications du développement racinaire. Par exemple les facteurs Nod produits par les bactéries rhizobia et les facteurs Myc produits par les champignons endomycorhiziens sont des oligomères de 4 à 5 résidus GlcNAc acylés avec un acide gras et diversement substitués avec des sucres et/ou des groupements sulfate, acétyle, méthyle, carbamoyle, etc. Les facteurs Nod déclenchent la nodulation chez les légumineuses, les facteurs Myc sont impliqués dans la mycorhization. Ces signaux symbiotiques appelés lipochitoooligosaccharides (LCOs) peuvent aussi stimuler le développement racinaire et inhiber les réactions de défense des plantes. Les champignons endomycorhiziens et les champignons pathogènes produisent également des chaînes chitiniques courtes (COs), non substituées qui, lorsqu'elles comprennent 4-5 Glc-Nac stimulent la voie de signalisation symbiotique, et lorsqu'elles sont un peu plus longues (8 Glc-Nac) élicitent au contraire de violentes réactions de défense.

Pour diminuer l'utilisation en agriculture des intrants (eau, fertilisants et pesticides chimiques), le potentiel existe donc d'utiliser à très faibles concentrations ces molécules chitiniques naturelles (LCOs, COs) pour stimuler les symbioses fixatrice d'azote et mycorhizienne, l'enracinement et le système immunitaire des plantes. Mais ce potentiel ne pourra être exploité que lorsqu'on aura une vision plus claire des mécanismes subtils grâce auxquels les plantes répondent avec une grande précision à ces signaux aux structures chimiques très proches, et présents simultanément dans leur environnement.

MÉCANISMES IMPLIQUÉS DANS L'ADAPTATION DE LA SYMBIOSE RHIZOBIUM-LÉGUMINEUSE À DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

par Marc **Lepetit**⁹

Les légumineuses ont la capacité à s'adapter au déficit en azote (N) du sol par la formation des nodosités symbiotiques avec des rhizobia fixatrices de l'azote de l'air, une source inépuisable. Des signalisations systémiques contrôlent l'activité et le développement de ces organes au niveau des racines et permettent l'ajustement de la capacité de fixation à la demande en N de la plante entière. Toutefois la formation et le fonctionnement des nodosités symbiotiques sont extrêmement sensibles aux contraintes souvent hétérogènes et fluctuantes du sol qui inhibent leur activité et limitent ainsi la croissance des plantes. Des mécanismes de tolérance spécifiques permettant des associations symbiotiques dans des sols contaminés en métaux lourds ont été mis en évidence. Les signalisations systémiques N ont un rôle dans des réponses adaptatives générales à des contraintes partielles qui lui permettent de compenser les stress. La suppression de l'activité de fixation sur une partie des racines (soit par un traitement Ar/O₂, rhizobium fix-, stress hydrique ou traitement salin) induit une signalisation systémique qui permet la stimulation de l'expansion des nodules préexistants et la formation de nouveaux nodules au niveau des racines non directement exposées à la contrainte. L'amplitude de ces réponses peut varier suivant le partenaire symbiotique. Plusieurs voies liées à la demande en N de la plante contrôlent la formation, le développement et la fonction des

⁸ Professeur à l'Université Paul Sabatier (Toulouse 3), Laboratoire de Recherche en Sciences Végétales (LRSV).

⁹ Directeur de recherche à l'INRA, Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes

nodosités. Les mécanismes moléculaires mis en jeu commencent à être mis en évidence. Les déterminants génétiques associés pourraient être de bons candidats pour identifier des traits symbiotiques généraux d'adaptation aux contraintes du sol.

COÉVOLUTION DES GÉNOTYPES VÉGÉTAUX ET DES POPULATIONS BACTÉRIENNES PGPR (*PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA*)

par Yvan Moëgne-Loccoz¹⁰

Les céréales (Poacées) fournissent 45% des calories alimentaires de l'humanité, et le maïs est la céréale la plus cultivée au monde. Le développement des plantes est influencé par leurs interactions avec les microorganismes de la rhizosphère, qui est la zone immédiate de sol soumise à l'influence des racines, d'où l'importance de mieux connaître la communauté microbienne rhizosphérique et ses populations de rhizobactéries stimulatrices de la croissance des plantes (PGPR). La composition de la communauté bactérienne rhizosphérique varie selon le génotype de plante, mais les traits végétaux impliqués restent très peu connus. Notre hypothèse est que l'histoire évolutive des plantes a façonné la capacité des lignées à recruter les bactéries de la rhizosphère. Nous avons considéré cette hypothèse dans le cas du maïs, qui est structuré en cinq groupes génétiques principaux, en comparant ces cinq groupes de maïs et en comparant le maïs avec une téosinte (proche de l'ancêtre du maïs), un sorgho (Poacée proche du maïs), un blé (Poacée éloignée du maïs) et une tomate (dicot). L'analyse de la communauté bactérienne rhizosphérique de différentes espèces, avec une puce à ADN taxonomique 16S, montre en effet un impact de l'histoire évolutive des plantes sur le recrutement bactérien rhizosphérique, y-compris pour des taxons de PGPR. Néanmoins, cette relation s'estompe quand les comparaisons sont effectuées au sein d'une même espèce, en l'occurrence le maïs (*Zea mays*), ou bien lorsque l'on s'intéresse à des groupes fonctionnels bactériens particuliers, comme l'ensemble des bactéries fixatrices d'azote. Les conditions de sélection des populations de PGPR par différentes variétés d'une même espèce dépendent sans doute davantage des propriétés fonctionnelles de ces dernières, un point qui mérite d'être pris en compte dans un contexte de sélection variétale pour identifier les variétés les plus à même d'interagir avec les PGPR.

MÉCANISMES CELLULAIRES ET MOLÉCULAIRES ET INGÉNIÉRIE ÉCOLOGIQUE DES MYCORHIZES À ARBUSCULES

par Daniel Wipf¹¹

Apparue il y a plus de 400 millions d'années, la mycorhize à arbuscules, symbiose principalement fondée sur les échanges trophiques, concerne plus de 80% des plantes terrestres et la grande majorité des plantes cultivées (agricoles et horticoles), en allant des plantes aromatiques aux arbres fruitiers, en passant par les céréales. La mycorhize à arbuscules représente ainsi un outil et un potentiel énorme en matière de production végétale respectueuse de l'agroenvironnement. La compréhension des mécanismes permettant une utilisation efficace de l'azote, du phosphate et du potassium par les plantes mycorhizées et ceux contrôlant l'allocation des composés carbonés, mais aussi de façon plus générale sous-jacents au fonctionnement de la mycorhize à arbuscules, est cruciale pour un management raisonné des cultures et des services rendus par les mycorhizes. En effet, ces mécanismes conditionnent la croissance et la santé des

¹⁰ Professeur à l'Université Claude Bernard – Lyon 1, UMR CNRS 5557 Écologie microbienne.

¹¹ Professeur à l'Université de Bourgogne, UMR 1347 Agroécologie AgroSup/INRA/université de Bourgogne. Groupe « Mécanismes et gestion de la symbiose mycorhizienne dans les agroécosystèmes ».

plantes, conditionnant ainsi le rendement (quantitatif et qualitatif) des plantes, processus centraux dans un contexte de production massive de biomasse.

LES RELATIONS TROPHIQUES MICROFAUNE - BACTÉRIES RHIZOSPHÉRIQUES - MYCORHIZES : QUEL RÔLE DANS LE RECYCLAGE DES NUTRIMENTS ?

par Claude **Plassard**¹²

Les cycles des nutriments, en particulier de l'azote et du phosphore, sont sous la dépendance des populations microbiennes du sol vivant dans l'environnement des racines, défini comme la « rhizosphère ». La symbiose mycorhizienne, établie entre les racines et les champignons mycorhiziens du sol, contribue de façon importante à l'amélioration de la nutrition minérale des plantes (N et surtout P), en augmentant la mobilisation et le prélèvement des éléments minéraux par les hyphes qui se développent hors des racines, puis en transférant ces éléments minéraux à la plante-hôte. Cependant, par rapport à la symbiose mycorhizienne, les populations bactériennes de la rhizosphère jouent un rôle très important dans la minéralisation des composés organiques, conduisant à la production d'éléments minéraux (N et P) qui sont à la base de la nutrition minérale des cultures. Mais ces populations bactériennes peuvent aussi immobiliser les éléments minéraux produits, rentrant ainsi en compétition avec les cultures. Dans ce contexte, le rôle de la prédation des bactéries du sol par la microfaune devrait être mieux pris en compte pour une meilleure compréhension du cycle des nutriments dans le sol. L'exposé s'appuiera sur (i) les résultats d'une méta-analyse de la littérature et (ii) des exemples relatifs à la minéralisation de l'azote et du phosphore organique pour illustrer l'importance des relations trophiques qui peuvent conditionner très fortement le recyclage de certains composés organiques qui, autrement, restent inaccessibles aux plantes.

¹² Directrice de recherche à l'INRA, INRA, UMR 1222 - Eco&Sols (Ecologie Fonctionnelle & Biogéochimie des Sols), INRA - IRD - CIRAD - SupAgro

COLLOQUE TERRITOIRES ET ÉLEVAGES 2015

Colloque de Synthèse à Paris

Présentation des conclusions des 3 rencontres régionales par 3 membres de l'Académie d'Agriculture de France

QUELLES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT POUR L'ÉLEVAGE DANS LES DYNAMIQUES TERRITORIALES DU GRAND OUEST ?

Synthèse des Rencontres de Rennes – SPACE, 17 septembre 2015

par Gérard Maisse¹

Par Grand Ouest, nous entendrons le territoire correspondant au Massif Armoricaïn, c'est à dire la Bretagne, les Pays de la Loire et l'ouest de la Normandie (Cotentin et Bocage normand). La principale caractéristique de ce territoire est sa situation péninsulaire qui lui permet de bénéficier d'un climat océanique tempéré, favorable à l'élevage. Toutefois cette situation péninsulaire place le Grand Ouest dans une position périphérique rendant son développement économique fortement dépendant de la qualité des voies de communication avec le reste de l'Europe. L'ouverture en 2003 de l'autoroute Caen-Rennes a complété le réseau mis en place durant la seconde partie du XX^{ème} siècle; les deux métropoles, Rennes et Nantes, sont désormais reliées par voies rapides à l'ensemble de l'Europe continentale. A l'Ouest, une voie rapide ceinture la Bretagne, mais les dessertes de la Bretagne centrale et de la presqu'île du Cotentin restent à améliorer.

L'axe Nantes-Rennes est devenu l'axe stratégique structurant du développement socioéconomique du Grand Ouest comme le montre la forte croissance démographique des départements de Loire Atlantique et d'Ille et Vilaine (1% par an de 2006 à 2013 pour 0,6% au niveau national). Une récente étude de l'Insee (2014) a permis d'établir une typologie des territoires du Grand Ouest selon des indicateurs de qualité de vie (conditions de vie, d'emploi, de logement, de possibilités d'accès aux services, ...). Cette typologie traduit une grande diversité des territoires, distinguant deux aires métropolitaines très attractives, Rennes (à laquelle s'associe de plus en plus St Malo) et Nantes-St Nazaire, en connexion avec un réseau de villes moyennes Laval, St Brieuc, Angers, Vannes, Lorient. La Bretagne centrale et la presqu'île du Cotentin sont des territoires peu denses et peu attractifs. A l'Ouest, Brest et Quimper constituent un système urbain à part, développant des relations tant avec Rennes qu'avec Nantes (étude DATAR 2012).

Le Grand Ouest est une région d'agriculture à vocation alimentaire, leader national pour certaines productions légumières (artichaut, chou-fleur, poireau, concombre, tomate) et animales (lait de vache, œuf, volailles, viande porcine). Avec cette agriculture productive, une industrie agroalimentaire dynamique et innovante s'est développée en s'appuyant sur la recherche publique et un réseau de centres techniques; depuis 2006 ce partenariat se fait dans le cadre du pôle de compétitivité Valorial déployé sur les trois régions.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France.

Trois grands enjeux ont été identifiés pour les interrelations élevages-territoires dans le Grand Ouest: l'emploi, l'environnement et l'énergie renouvelable et enfin la cohabitation avec les autres activités humaines en territoires urbanisés.

S'agissant de l'emploi, élevages et industries agroalimentaires impactent l'emploi local bien au-delà des emplois directs et indirects (fournisseurs et sous-traitants locaux) créés dans les bassins de productions du Grand Ouest; Alexandre Gohin (Inra) rapporte les résultats d'une récente étude (en partenariat avec l'Idele et l'Ifip) qui montrent que de nombreux emplois induits, hors des filières d'élevage, générés localement par les dépenses des emplois directs et indirects, sont dépendants de l'état de santé économique des filières. Ces résultats confortent une étude de l'Insee (2012) sur les zones d'emplois en Bretagne. Dans cette région, les IAA sont un atout majeur de certains pays des Côtes d'Armor, du Morbihan, du Sud du Finistère et de l'Est de l'Ille et Vilaine. Toutefois les pays de Bretagne nord et centrale, où cet emploi est concentré dans un nombre réduit de grandes entreprises, sont plus vulnérables aux crises économiques que les pays de Bretagne sud, accueillant un nombre important d'entreprises petites et moyennes. Par ailleurs, des lycées agricoles aux grandes écoles agronomiques, agroalimentaires et vétérinaires, l'offre bretonne et ligérienne en formations initiales et continues est importante et diversifiée. Elle permet aux filières animales du Grand Ouest de s'appuyer sur des professionnels qualifiés pouvant acquérir localement de nouvelles compétences à mesure des progrès technologiques (exemple du numérique).

S'agissant de l'environnement et de l'énergie renouvelable, la méthanisation apparaît comme un outil particulièrement intéressant par sa polyvalence. Cette technologie permet 1) la production d'énergie renouvelable, 2) le traitement de déchets organiques, 3) la réduction des émissions de gaz à effet de serre et 4) la production de fertilisants. Mais la méthanisation doit être mise en œuvre dans le cadre d'un projet local, associant agriculteurs, industriels de l'agroalimentaire et communes, pour la fourniture des cosubstrats nécessaires au bon fonctionnement du digesteur et pour l'utilisation du biogaz, de la chaleur, de l'électricité ou du digestat produits. L'acceptation par le voisinage est un autre élément de réussite de tout nouveau projet. L'analyse de Patrick Dabert (Irstea) aboutit à l'idée que le succès ou l'échec du fonctionnement d'un site de méthanisation se joue d'abord sur sa capacité à entrer en synergie avec son territoire. Tout cela fait qu'une phase de concertation locale est indispensable en complément de démarches administratives encore perçues comme trop complexes. Aujourd'hui bien maîtrisée, la méthanisation bénéficie d'un plan « Énergie Méthanisation Autonomie Azote » mis en place par les ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement pour stimuler son développement. Mais, pour l'élevage, le modèle économique de la méthanisation est fragilisé par le statut juridique du digestat qui est assimilé à un déchet, empêchant sa valorisation et son exportation indispensable dans certaines zones excédentaires en azote. L'homologation des digestats est une difficulté qu'il faudra lever pour convaincre les éleveurs souvent réticents.

La cohabitation entre élevages et activités humaines dans les territoires urbanisés est génératrice de conflits de voisinage (mitage du foncier, odeurs, circulation d'engins agricoles, etc...) comme de synergies bénéficiant à tous (circuits courts, paysage, entretien des zones tampon, etc... Yvon Le Caro (Université de Rennes 2) considère que l'urbanisation est un phénomène qui touche les campagnes comme les esprits. Comment se partager le foncier quand la demande est forte ? Comment éviter le conflit entre sensibilité agricole et sensibilité urbaine dans le rapport aux animaux d'élevage ? La cohabitation implique la concertation; à cet égard le Programme Local de l'Agriculture du Pays de Rennes (PLA) est un exemple. Signé en 2008 par le Pays de Rennes, Rennes Métropole, la Chambre d'agriculture 35 et la Safer Bretagne, le PLA a fixé trois objectifs: 1) construire une culture commune sur les enjeux de l'agriculture, 2) conserver un cadre de vie agréable et une agriculture viable et 3) identifier des priorités d'actions communes. Le suivi du PLA est fait conjointement dans le cadre de l'Observatoire de l'agriculture péri urbaine du Pays de Rennes. Le PLA est un accord cadre éclairant la mise en œuvre du Schéma de cohérence territoriale (SCoT) et des Plan locaux d'urbanisme (PLU). D'autres lieux de concertation sont inscrits dans la loi d'avenir pour l'agriculture. Le conseil d'administration des Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (SAFER) s'ouvre aux associations environnementales; la place des collectivités territoriales y est confortée. Par ailleurs, la Commission départementale de la préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers, présidée par le Préfet, associe de nombreux acteurs y compris associatifs. Les lieux de concertation existent;

il revient aux élus professionnels et territoriaux, ainsi qu'au représentant de l'État, de les faire vivre dans l'intérêt global des territoires.

L'analyse des trois enjeux des interrelations élevages-territoires met en avant le mot « concertation ». La gouvernance territoriale doit concilier des légitimités professionnelles avec des légitimités citoyennes. Les agriculteurs ont une légitimité forte s'appuyant sur leur savoir faire professionnel et, souvent, leur statut de propriétaire foncier. Les citoyens revendiquent des légitimités variées et parfois contradictoires dans les domaines de l'alimentation, de la santé, de l'éthique, de l'habitat, de l'emploi, de l'énergie, des transports, de l'usage récréatif de l'espace rural, etc.. Les autres acteurs économiques ont, chacun, des légitimités spécifiques pouvant interagir avec les précédentes. La diversité des situations territoriales implique une diversité des réponses, tout en gardant à l'esprit que la rémunération des services rendus par l'élevage doit s'inscrire dans une logique de production et non pas s'y substituer.

Avec la réforme territoriale (*Loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles du 27 janvier 2014 et Loi NOTRe du 7 août 2015*) l'État confie de nouvelles responsabilités aux Conseils régionaux qui doivent notamment élaborer un Schéma régional de développement économique d'innovation et d'internationalisation (SRDEII) et un Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET). Dans le même temps, Métropoles et intercommunalités, sont confortées, notamment pour l'aménagement de l'espace et le développement local ce qui leur confère une légitimité avec laquelle les régions devront compter pour l'élaboration de leurs schémas régionaux. La Conférence territoriale de l'action publique, présidée par le président de région, est le lieu de concertation et de coordination entre la Région, les départements, et les intercommunalités y compris métropole. Bien entendu l'État reste acteur en région par souci de cohérence entre les décisions locales et le cadrage national. Par exemple le Schéma directeur régional des exploitations agricoles, prévu dans la loi d'avenir pour l'agriculture, est élaboré par le préfet de région avec l'appui des préfets des départements concernés. La gouvernance territoriale apparaît complexe avec, pour notre sujet, au moins trois personnages importants, le préfet de région, le président de région et le président de la métropole.

Pour finir, il est nécessaire de rappeler que dans les industries agroalimentaires, les grandes sociétés et les grands groupes coopératifs sont inter-régionaux, nationaux ou internationaux. De ce point de vue le Grand Ouest, tel que nous l'avons défini, constitue une communauté d'intérêt. Du fait de sa situation périphérique, la présence des industries agroalimentaires dépend grandement du maintien des productions animales sur ce territoire. Une diminution importante de l'élevage pourrait entraîner une délocalisation de l'industrie agroalimentaire d'assemblage vers de grands nœuds de communication plus à l'Est. Le statu quo territorial pour la Bretagne et les Pays de la Loire et la fusion des deux Normandie suggèrent de développer, entre les trois régions, une inter-régionalité forte en matière d'élevage et de transformation des produits animaux, en s'appuyant notamment sur le pôle de compétitivité Valorial, déjà déployé sur les trois régions. C'est plus particulièrement dans le domaine de l'exportation des ingrédients et produits alimentaires intermédiaires qu'un effort conjoint pourrait être fait, en raisonnant « tissu économique inter-régional » plutôt qu'entreprises « leaders à l'international ».

**QUELLES PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT POUR L'ÉLEVAGE
DANS LA DYNAMIQUE TERRITORIALE DE LA NOUVELLE RÉGION AUVERGNE
RHÔNE-ALPES ?**

vendredi 9 octobre 2015

Synthèse des travaux de ce colloque

par Claude **Béranger**¹ et Jean-Paul **Renard**²

Ce colloque « Territoires et élevages », s'est déroulé dans le cadre du Sommet de l'élevage (privé de la présence des bovins en raison de l'épidémie potentielle de FCO), Il a rassemblé une centaine de personnes au cours de cette matinée de 4 heures. Il s'est résolument situé dans le contexte des nouvelles organisations des collectivités territoriales qui se mettent en place en France, à partir de regroupements de régions, notamment celui de la de la région Auvergne avec la Région Rhône-Alpes dans une grande région Auvergne-Rhône-Alpes (ou Rhône-Alpes-Auvergne ?) au 1^{er} janvier prochain.

À travers 3 exposés, 5 témoignages d'acteurs, et des débats autour d'une table ronde, nous avons cherché à montrer les possibilités et les difficultés offertes pour l'élevage par les nouvelles dynamiques territoriales résultant à la fois de la création de la nouvelle Région, de celle des grandes métropoles et de l'accroissement de la place des intercommunalités..

La nouvelle région Auvergne-Rhône-Alpes avec des métropoles (Lyon, Grenoble) des pôles urbains importants ainsi que de nombreuses villes moyennes, est caractérisée par une population localisée à 95 % en aire urbaine, par l'importance des territoires périurbains (47 %), mais aussi par celle des prairies et de la forêt (73% du territoire rural). Elle comporte une grande diversité, de pays et de terroirs, avec huit Parcs Naturels Régionaux (plus quatre en préparation) L'intense activité du sillon rhodanien et des plaines et vallées, actives en production industrielle et de services, est entourée de **montagnes** couvrant 67 % du territoire.

Avec 7,7 M d'habitants la nouvelle région Auvergne-Rhône-Alpes est puissante, équivalent d'un pays comme l'Autriche, correspondant à environ 12% du territoire national ainsi que de sa population, de ses emplois et de son PIB. C'est la seconde région de France pour la consommation touristique (20Md €) Elle pèse au niveau agricole³ et par un important tissu d'entreprises agroalimentaires industrielles et de commerce de gros, diversifiées⁴. Cependant elle ne classe la région qu'au 7^{ième} rang en France pour la valeur des productions agricoles, alors qu'elle se situe au 4^{ième} rang pour la SAU, car les revenus restent fragiles (inférieur de 30 % à la moyenne nationale), très disparates entre zones et entre productions.

Les collectivités territoriales ont encouragé notablement le développement de l'agriculture et de l'élevage vers **des productions de haute valeur ajoutée**, en association avec le développement du tourisme. Ces politiques différenciées ont été couronnées de succès puisque la région Auvergne-Rhône-Alpes est la

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Directeur de recherche honoraire de l'INRA.

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Directeur de l'UMR Biologie du développement et reproduction

³ 7^{ième} rang en France et 9^{ième} Europe, avec 3,1M ha de SAU, 63500 exploitations agricoles, en moyenne de petite taille (46 ha), et 116 000 actifs agricoles

⁴ (13 % de l'effectif et du chiffre d'affaire de l'industrie régionale ; 4^{ième} région en emplois agroalimentaires, 2^{ième} en nombre d'établissements)

première région de France pour les AOC et SIQO et la seconde pour les circuits courts, l'agriculture biologique et les activités de diversification.

L'élevage, occupe une place importante (50 % de la valeur de la production agricole de la région). Essentiellement herbivore (80 % des UGB) car la nouvelle région Auvergne-Rhône-Alpes devient la **1^{ère} région de France pour les prairies** (21 % de de superficie française) et la seconde pour le cheptel de vaches allaitantes (16 % du cheptel français). Mais on observe, notamment pour la partie Auvergne une fragilité économique des exploitations laitières, qui sera renforcée par la suppression des quotas laitiers. Comme ailleurs, les élevages allaitants sont très dépendant des primes européennes et surtout des débouchés extérieurs pour la vente des veaux sevrés à engraisser, car seulement 10 % des animaux sont engraisés dans la nouvelle région.

Ce défi de **l'accroissement de la valeur ajoutée** dans le secteur de la viande par le développement de **l'engraissement sur place des veaux mâles et femelles** a été un des points fort des discussions, car l'Union Régionale des Industries Agroalimentaires d'Auvergne (URIA), avec le soutien de la région, s'est engagé dans la création d'une filière d'engraissement de bovins en Auvergne plus performante et compétitive et davantage sécurisée, en associant les principaux abattoirs régionaux, les coopératives, les producteurs et les pouvoirs publics, dans un souci de répondre principalement à la demande et à la sensibilité des consommateurs régionaux, ainsi qu'aux débouchés extérieurs (JC.Guillon)⁵ Cette re-territorialisation de l'engraissement implique notamment les complémentarités avec les production de céréales et le maintien d'un réseau d'abattoirs, voire la définition de nouveaux types d'animaux valorisant l'herbe pâturée. Elle apparait comme une évolution possible à partir des filières industrielles, compte tenu des complémentarités des différents territoires de la nouvelle région et de l'importance de la consommation urbaine. Elle est un bon exemple du concept de **circuits courts industriels** développé par JC Guillon : il s'agit de fédérer les diverses entreprises de la filière pour créer des circuits autour de produits locaux, transformés localement, mis en marché selon une démarche de différenciation s'adaptant à ce qui parle aux consommateurs du territoire.

Cependant l'organisation collective de circuits courts peut aussi mieux se construire en **partenariat avec les collectivités territoriales**, C'est le cas présenté par Lilian Vargas autour de la métropole grenobloise. Grenoble-Alpes-Métropole est un territoire d'élevage, en grande partie de montagne, qui implique 210 exploitations diversifiées (dont 75 % en élevage et 50% en vente directe) ; il fait l'objet d'une politique publique avec des moyens dédiés, Renforcés par les nouvelles compétences (abattoirs, MIN) il est envisagé de passer d'un marché de niche à des filières territoriales grâce à des investissements et des actions bien ciblées.

Si l'on fait de la re-territorialisation un enjeu fort pour l'élevage de la nouvelle région l'organisation en filières est un des leviers. Mais des circuits courts industriels n'ont-ils pas vocation à s'affranchir des territoires d'où ils ont pris leur essor ? Le débat entre circuits courts pour consommation des collectivités régionales et les nouveaux circuits courts industriels est resté ouvert.

Un des obstacles majeurs au développement des élevages et à l'installation de nouveaux éleveurs réside dans **la disponibilité et le coût du foncier**, notamment en compétition avec les autres activités dans les aires périurbaines. Les collectivités locales peuvent intervenir dans cette gestion et organisation du foncier, notamment à travers les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT) qui influent sur les autres dispositifs (PLU, POS, PAEN²). C'est le cas de l'aire périurbaine de St Etienne, évoqué par Michel Peyrard (GAL Jeune Loire) qui protège l'espace agricole en révisant les PLU. L'exemple du Pays Voironnais présenté par Frédéric Delattre, est très significatif. Les élus ruraux et urbains avec la profession agricole ont mis en œuvre de longue date une charte pour pérenniser les espaces agricoles, valoriser l'agriculture et structurer des filières locales. 260 ha ont été reclassée agricoles et naturels par le SCOT, 3000 ha ont fait

⁵ C'est une priorité de la Stratégie de Spécialisation Intelligente de la région Auvergne qui pourra bénéficier à la nouvelle région

² Périmètres de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains », dits PAEN.

l'objet d'un projet PAEN, 140 ha ont été acquis par la collectivité pour y installer des jeunes agriculteurs et une zone d'activité agricole (électrification, bâtiments collectifs...) est en cours de création. Ce volontarisme politique local se heurte à diverses difficultés et remises en cause, demande beaucoup de temps et de moyens financiers. Il montre les possibilités et limites de l'action des collectivités locales en la matière et il va de pair avec le développement des circuits courts. L'élevage est plus difficile à développer que le maraîchage ou les cultures et peut être repoussé hors de ces zones comme dans la métropole lyonnaise actuelle (Joseph Giroud).

Les problèmes fonciers sont également un frein au développement actuel d'un pays rude et isolé l'**Aubrac**, qui est pourtant depuis 50 ans un modèle de développement d'un système agroalimentaire localisé et de dynamisme des acteurs locaux, à partir de ressources fortement identitaires. Agnès Bonnaud et Gaëlle Laurent ont montré que la spéculation foncière entraîne un agrandissement néfaste des exploitations, un vieillissement de la population, alors que des jeunes voudraient s'y installer, En outre les outils collectifs, si bien maîtrisés actuellement, sont difficiles à maintenir et à développer du fait de l'individualisme grandissant. Cet exemple montre que les modèles qui ont réussi sont à **adapter au renouvellement des générations**, à l'urbanisation des mentalités des ruraux actuels et futurs, au dialogue avec toutes les parties prenantes du territoire pour une ouverture et une diversification des activités. Le projet en cours de création d'un PNR Aubrac veut répondre à ces objectifs.

Ce colloque a aussi souligné tout particulièrement que l'élevage rend **des services multiples aux différents territoires de la nouvelle région**. Les travaux réalisés par le GIS élevage demain déjà présentés ce matin par Pierre Dupraz, ont été détaillés. Ils ont permis de qualifier et de quantifier ces services, les uns par rapport aux autres, par une série d'indicateurs : les productions et l'approvisionnement en aliments des populations, l'emploi direct et indirect et ainsi la vitalité rurale, la qualité environnementale et l'identité culturelle en liaison avec l'agro-tourisme. Une typologie de ces services, reportée sur la carte de France par département, montre que l'élevage participera à la qualité environnementale de la nouvelle région mais avec des complémentarités entre la partie Auvergnate essentiellement source de services de production herbagères, de qualité gastronomique et de contribution à l'emploi et la partie Rhône-Alpine où l'élevage valorise surtout la haute valeur naturelle, la biodiversité et la qualité de l'eau. La nouvelle région assure relativement moins de productions et d'emplois que les régions de l'Ouest et davantage des services que les régions du Nord de l'Est et du Sud-ouest.

L'élevage apporte donc un « bouquet de services » au service de tous les citoyens résidants ou en touristes, qui peuvent sans doute être enrichis, davantage territorialisés et rémunérés. Mais une question centrale demeure : par qui et comment sont rémunérés ces services pour la plupart non marchands et selon quels critères ou indicateurs ? La place des régions ne devient-elle pas essentielle ?

Comme l'a montré Laurent Rieutort, à la **diversité** des services correspond la diversité des espaces ruraux de la nouvelle région, espaces culturels et patrimoniaux des terroirs, à partir desquels peuvent être déclinées, plusieurs logiques d'élevage, valorisant notamment les nombreuses races animales locales maintenues et développées par le CORAM (Jean-Luc Chauvel). Ce renforcement des liens de l'élevage au territoire suppose, pour réussir, la construction d'un **projet collectif et une coordination des acteurs**, associant les partenaires publics et privés dans une gouvernance commune (patrimonialisation d'un panier de biens et de services valorisant le territoire). De nombreuses petites régions en sont l'exemple (Aubrac, Jeune Loire, Mézenc...).

Dans des territoires spécifiquement orientés vers le développement durable, comme les Parcs Naturels Régionaux, la diversité des attentes des acteurs se révèle aussi (Livradois-Forez / Vercors) et interagit avec les systèmes de production, le travail des éleveurs, la gestion des prairies et les stratégies de différenciation des produits (Sylvie Cournut, Laurent Dobremez).

Les témoignages ont également souligné l'importance et l'intérêt de la **diversification des productions** au sein même des exploitations ou entre exploitations complémentaires, pour répondre aux besoins des populations, principalement en zones périurbaines (Michel Peyrard).

La recherche, notamment agronomique, et **la formation** accompagnent ces évolutions en se mettant au service de cette nouvelle région à travers diverses conventions de partenariat avec les acteurs professionnels et institutionnels, pour co-construire avec eux les questions et les apports possibles des connaissances acquises et des recherches en cours ou à initier. L'INRA a déjà constitué un centre unique recouvrant les 2 anciennes régions (Jean-Baptiste Coulon).

Les nouvelles dynamiques territoriales peuvent donc être un atout pour le développement de l'élevage en valorisant son originalité et sa multifonctionnalité, notamment à partir de l'importance de l'herbe dans ce territoire. Il faudrait poursuivre la recherche de davantage de valeur ajoutée, en développant encore les IG et les SIQO et leur valorisation, en innovant dans les circuits courts de différentes formes, en intervenant dans la mesure du possible sur le foncier pour pérenniser les espaces agricoles, valoriser l'agriculture, favoriser l'installation des jeunes et structurer des filières locales. La région pourrait aussi, dans la mesure de ses moyens, intervenir ou garantir de manière contra cyclique des variations de revenus liées à la mondialisation des marchés et participer à la rémunération des services environnementaux et patrimoniaux non marchands. Toutefois la nouvelle puissante région doit rester très ouverte, se tourner aussi vers les autres métropoles proches (Toulouse, Marseille, Montpellier) et s'inscrire dans les politiques de Massifs qui restent d'actualité et fédèrent les régions concernées (Jean-Yves Bechler).

Le Président René Souchon (Auvergne) et le Vice-Président Michel Grégoire (Rhône-Alpes), soulignant les atouts positifs de cette union, ont déclaré que, dès maintenant les deux anciennes régions ont engagé leur soudure et décidé de concert de soutenir l'élevage à travers des plans de compétitivité à hauteur de 176 M € pour la période 2015-20 et des contrats régionaux d'objectifs de filières favorisant la contractualisation (400 K€ en 2015).

Les territoires ont donc besoin d'élevage et l'élevage doit certainement être soutenu par les territoires qu'il exploite et entretient. Cela implique un dialogue et une co-construction permanente des agriculteurs et éleveurs avec les élus et collectivités locales et régionales et avec tous leurs voisins et citoyens – consommateurs, au-delà des dialogues et négociations, davantage corporatistes, avec l'Etat et les institutions européennes. Nous avons constaté dans ces débats que la région Auvergne-Rhône-Alpes pouvait se situer sur ce chemin.

TERRITOIRES ET ÉLEVAGES

METZ – AGRIMAX-16 OCTOBRE 2015

par Maurice Barbezant

La 3ème rencontre du colloque national « Territoires et Elevages » organisé par l'Académie d'Agriculture s'est déroulé à Metz, dans le cadre du salon de l'agriculture AGRIMAX, le vendredi 16 octobre. **Ce colloque a requis une collaboration étroite avec la Chambre régionale d'Agriculture de Lorraine, l'Ensaia, l'Institut de l'élevage et les organisateurs d'Agrimax, nous tenons, d'entrée de jeu, à leur adresser tous nos remerciements.**

Nous vous proposons une synthèse des différentes contributions qui ont mobilisés 16 intervenants.

LA FUTURE RÉGION (que nous appellerons « GRAND EST ») REGROUPE L'ALSACE, LA LORRAINE ET LA CHAMPAGNE ARDENNE...

UNE GRANDE REGION AGRICOLE FRONTALIERE DE 5 ETATS EUROPEENS

Peuplée de 5,5 millions d'habitants, la 4^{ème} région française occupe 57000 km², avec des densités de population par région actuelle qui varient presque du simple au triple. Avec un Produit intérieur brut de 150 milliards d'euros, elle se place au 5^{ème} rang français, l'équivalent de la République Tchèque ou du Portugal ; l'agriculture contribue pour 4,5 % à ce PIB, Elle représente également 10% de la valeur ajoutée de l'agriculture française. Région à dominante céréalière, elle est la 2^{ème} région viticole de France et la polyculture-élevage est le modèle d'exploitation dominant ; le Grand Est assure 10% de la production laitière française, un peu moins pour la viande mais avec un bon réseau d'abattoirs.

La région est limitrophe de la Belgique, du Luxembourg, de l'Allemagne et de la Suisse, elle aura pour capitale Strasbourg, également capitale européenne, et dispose d'un axe Nancy-Metz très bien situé géographiquement dans ce grand ensemble.

Faiblesses et menaces....atouts et opportunités...

Pour Jérôme Matthieu, le président de la Chambre régionale d'Agriculture de Lorraine, le « Grand Est » a une polyculture-élevage très dépendante de la politique agricole européenne, avec une « céréalisation grimpeante », un faible renouvellement des chefs d'exploitation, une réglementation environnementale considérée comme « un boulet », un monde rural et agricole menacé de devenir « un bien public »...l'agriculture devant être une force économique et non pas seulement un aménageur du territoire.

En revanche, la Région dispose de territoires fertiles propices à l'agriculture avec un tissu important d'industries agroalimentaires et de marques, d'une position européenne au cœur de 5 Etats, ce qui facilite les échanges, d'un très bon réseau universitaire et d'un nouvel intérêt des populations pour l'agriculture.

UN GRAND BASSIN RHIN-MEUSE...OU IL FAUT PROTÉGER LA QUALITÉ DE L'EAU

8 DÉPARTEMENTS SUR 10 CONCERNÉS... ET UNE NÉCESSAIRE COOPÉRATION INTERNATIONALE AVEC LES PAYS RIVERAINS

La diminution des surfaces en prairies et la multiplication par 4 des rendements depuis 50 ans n'ont pas facilité la tâche mais des résultats positifs sont enregistrés même s'ils sont jugés insuffisants, il faut préciser aussi que la définition d'une bonne qualité des eaux est « à géométrie variable », fonction de « l'évolution des thermomètres » chargés d'apprécier cette qualité ; un partenariat fort entre **le réseau des chambres régionales d'agriculture du « Grand Est » et l'Agence de l'eau** autour d'une plate forme agricole de suivi. Pour l'Agence de bassin, « la couverture prairies » est le meilleur moyen d'assurer une bonne qualité de l'eau aussi apporte t'elle son soutien à l'exploitation de l'herbe sous toutes ses formes...une filière herbe à développer et appréciée des consommateurs !

DES RECHERCHES ET DES EXPERIENCES POUR FAVORISER L'HERBE ...

« *DÉSINTENSIFICATION* » ET BIO À L'HONNEUR

L'**Institut de l'Élevage** a sélectionné des expériences lorraines qui mettent en avant des innovations possibles, et respectueuses de l'environnement, en matière de polyculture-élevage ; dans tous les cas on recherche une autonomie d'exploitation en valorisant au mieux l'herbe dont on fait le fourrage exclusif complétés par de petites quantités concentrés produits sur l'exploitation est dont la part est réduite au minimum. On pratique aussi une polyculture-élevage biologique. Dans tous le cas les exploitations concernées développent toutes les complémentarités entre ateliers de production, ce qui définit pour l'**INRA** « une économie de gamme » qu'on oppose à une « économie d'échelle » pour laquelle l'agrandissement est la solution pour abaisser les couts. Les résultats économiques présentés sont intéressants même si les productions laitières ne dépassent pas 6500 à 7000 kg par vache, la mise en place d'un croisement 5 voies (avec 5 races laitières différentes) au **Lycée de Pixérécourt** fait partie des solutions mises en place dans la cadre de cette économie de gamme. Par ailleurs la crainte de voir certains secteurs péri-villages ou montagneux aller vers la friche a amené le **lycée de Mirecourt** a envisager une exploitation de l'herbe dans tout un grand secteur périphérique à la ferme, c'est ce que le responsable de la ferme appelle « une intensification écologique »...toutes ces expériences rapportées ont-elles un bon échos auprès des jeunes qui sont en formation dans ces établissements ?...des méthodes de travail qui « décoiffent » mais qui suscitent un intérêt économique..et écologique !

COMMENT LES FILIÈRES LAIT ET VIANDE RÉAGISSENT-ELLES ?

UNE TABLE RONDE AVEC ÉLUS ET RESPONSABLES PROFESSIONNELS

Dans le domaine de la production laitière, une bonne valorisation du lait est la condition première pour résister, dans beaucoup de secteurs à « la céréalisation », la grande région produit 10% du lait français, avec près d'une dizaine d'acheteurs différents et des lieux de transformation bien répartis. Directeur de l'**Union Laitière de la Meuse**, **Emmanuel Leroy**, explique comment sa coopérative meusienne de collecte a été amenée , en lien avec la coopérative l'Ermitage, à envisager une meilleure valorisation du lait en s'engageant dans la transformation, la région a une très bonne image quant à la qualité de ses produits ; rappelons qu' une partie de la collecte de l'ULM est vendue localement pour la fabrication de Brie de Meaux AOP. En ce qui concerne la viande bovine, tant **Raphael Bonnot**, pour la coopérative **EMC2**, que **Xavier Lerond pour Interbev** Lorraine, la production doit être à l'écoute de l'aval et il faut savoir capter des marchés locaux en répondant notamment aux besoins de la grande distribution, c'est ainsi que la coopérative EMC2 s'est lancée dans la production de carcasses de 350 kg avec des animaux croisés Hereford- races laitières pour répondre à une demande de « viande tendre, rouge, avec des animaux élevés à l'herbe » et dont les morceaux permettent un calibrage en barquettes, même démarche avec les animaux Salers pour répondre à la demande d'Intermarché !Pour Xavier Lerond, la Région a des atouts si les éleveurs savent s'adapter à une demande de viande moins chère...les troupeaux ne sont pas toujours adaptés, « nos belles races françaises s'adressent souvent à des niches de consommation » et dans la perspective d'agrandissement des troupeaux allaitants , les races « faciles d'élevage » sont à rechercher.

Producteur de lait lui même, **Jérôme Matthieu**, s'est inquiété des conditions de travail des jeunes éleveurs qui ne correspondent pas à la vie actuelle des familles, les épouses travaillent à l'extérieur, peu de disponibilités pour des vacances...il faut absolument revoir méthodes et pratiques sur les fermes d'élevage pour leur assurer une pérennité. Sénateur des Vosges, et président de l'Ermitage , **Daniel Gremillet** a également insisté sur la nécessité pour les éleveurs, de regarder tous les marchés sans en négliger aucun, grande distribution, niches, bio, AOP...sans perdre de vue les moyens du consommateur...c'est le marché qui compte, la « protection » de l'Union Européenne, c'est fini !...et sans adaptation, l'élevage régressera et sans élevage ...c'est la désertification des campagnes !Le sénateur a annoncé que la Haute assemblée, représentante des territoires, travaillait sur une loi destinée à relancer l'investissement dans nos fermes, à dynamiser l'installation des jeunes, à simplifier la vie administrative et à prendre en compte les aléas climatiques.

Concluant cette matinée, Rachel Thomas, vice présidente du conseil régional de Lorraine et Jean Luc Pelletier, président de la Chambre d'agriculture des Vosges, ont apporté leur soutien à la polyculture élevage, qui a besoin des efforts de tous pour rester dominante sur la région, un système qui approvisionne régionalement en produits de qualité des filières grandes cultures et élevage dynamiques, un système favorable à l'environnement et un système qui maintient une vie au sein du milieu rural

Rédacteur Jean Michel Besancenot

Participation active de la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine, de l'Institut de l'Elevage, de l'ENSAIA, de l'AERM et de l'AAF

Soutien d'AGRIMAX

Comité d'organisation :

AAF : Maurice Barbezant et Jean Michel Besancenot

CRAB : Gérard Cherrier et Philippe Voinson

IDEL : Laurence Etchévaria

ENSAIA : Yves Leroux

Intervenants : (par ordre d'intervention)

Maurice Barbezant, AAF modérateur de la réunion

Jérôme Matthieu, Président de la Chambre d'agriculture des Vosges

Philippe Goetghbeur AERM

Richard Cherrier CRAL

D. Caillaud Institut de l'élevage

JL Fiorelli SAD ASTER, INRA Mirecourt

B. Cailly Ferme du lycée agricole de Pixérécourt

F. Sangouard Ferme du lycée agricole de Mirecourt

Yves Leroux professeur à l'ENSAIA animateur de la table ronde

Emmanuel Leroy directeur de l'Union Laitière de la Meuse (ULM)

Raphael Bonnot est le directeur de la coopérative EMC2

Xavier Lerond représentant l'Interprofession bovine et ovine (INTERBEV Lorraine)

Daniel Grémillet, sénateur des Vosges et président de la coopérative l'Ermitage

Rachel Thomas, vice-présidente du Conseil régional de Lorraine

Jean Luc Pelletier, Président de la CRAL, ont apporté les conclusions de ce colloque.

BONNES PRATIQUES PHYTOPHARMACEUTIQUES : INNOVER, PROTÉGER, PRÉSERVER

INTRODUCTION

par Catherine **Regnault-Roger**¹

Les produits phytopharmaceutiques visent à protéger la santé des plantes afin de préserver les rendements et la qualité sanitaires des récoltes. La commercialisation des pesticides de synthèse à la fin de la seconde Guerre mondiale a représenté un soulagement non seulement pour l'agriculteur mais aussi pour la société toute entière.

Quel écolier de l'Entre-deux guerres ne se souvient-il pas d'activités d'utilité publique organisées par les mairies et les instituteurs et présentées comme récréatives telles que les campagnes de ramassage du doryphore de la pomme de terre ? Doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*) qui s'était installé dans notre pays à la faveur de l'arrivée de l'armée américaine en 1917 pour aider les armées alliées, et qui était devenu rapidement un vrai fléau. Il fut heureusement contrôlé par la mise sur le marché d'insecticides organochlorés après la seconde Guerre mondiale.

Mais ces produits d'accès facile, bon marché et efficaces, ont été victimes de leur succès car les premières molécules mises sur le marché n'étaient pas dénuées d'effets hasardeux pour la santé des hommes et des animaux et sur l'environnement. La sonnette d'alarme que représenta le livre de Rachel Carson *The silent spring* sur ces effets inattendus que pouvaient provoquer certains de ces composés organochlorés amorça une réflexion pour mieux utiliser ces substances utiles, mais non anodines en raison de ces effets inattendus. Différents ouvrages se sont fait l'écho des évolutions des produits phytopharmaceutiques en matière de protection des cultures (1,2) au cours des décennies.

L'utilisation des pesticides de synthèse fait aujourd'hui l'objet de débats âpres entre les tenants d'une agriculture durable mais productive et ceux qui prônent une agriculture rustique et aux résultats limités qui serait plus appropriée selon eux pour limiter l'empreinte de l'homme sur l'environnement. L'Académie d'agriculture se devait de s'inscrire dans ce débat très actuel. Elle a ainsi organisé récemment plusieurs séances sur la façon de repenser l'emploi des pesticides agricoles et leurs usages, en donnant tour à tour la parole à l'administration du Ministère de l'Agriculture, à un élu de la République (le député Potier qui a évoqué le plan Ecophyto 2), à des cadres de centres techniques et de coopératives notamment du groupe *In vivo* et de *Dijon céréales*, à des agriculteurs du réseau FARRE, à des chercheurs de l'INRA et des enseignants chercheurs. Seuls manquaient à l'appel les professionnels des industries du secteur phytosanitaire. C'est chose faite par cette séance.

En effet, repenser l'emploi des produits de protection des plantes, faire progresser les rendements en améliorant la santé des plantes cultivées, protéger la santé des hommes et des animaux, préserver l'environnement, nécessitent une conjonction d'efforts, d'actions de la part d'acteurs venant d'horizon divers :

- des pouvoirs publics, diligentant une approche réglementaire et des plans incitatifs ;
- de la recherche fondamentale ou appliquée comme le témoignent les programmes européens (ex : projet ENDURE qui s'acheva en 2010 et fut pilotée par l'INRA)

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur des Universités émérite à l'UPPA, Membre correspondant Académie nationale de Pharmacie.

- de la profession, que ce soit les praticiens, hommes/ femmes de terrain ou bien ceux qui sont en amont et qui élaborent de nouvelles technologies dans toute leur complexité pour gérer non seulement la mise au point, la mise en œuvre et le suivi d'outils innovants.

L'industrie de la protection des plantes ne se contente pas de produire les spécialités phytopharmaceutiques, mais développe depuis plus de vingt ans un accompagnement pour qu'on utilise ces produits dans le cadre de l'agriculture durable, c'est-à-dire en appliquant des bonnes pratiques phytopharmaceutiques.

Au cours des dernières décennies, l'industrie phytopharmaceutique s'est ainsi attachée à créer de nouvelles matières actives plus sélectives et d'une dégradabilité rapide, à développer des spécialités plus aisées à manipuler, mais aussi à améliorer les conditions d'application des produits phytopharmaceutiques à travers différentes démarches :

- mises au point de formulations moins dispersantes et par là même provoquer moins de gaspillage et d'effets secondaires non désirés ;
- créer des emballages ergonomiques qui limitent les erreurs de manipulations, et les équipements de protection individuels pour diminuer l'exposition de l'opérateur aux produits.
- gérer les effluents et les déchets phytopharmaceutiques dans un cycle vertueux de collecte et de recyclage.

Sans oublier de convaincre et d'informer les utilisateurs à travers des campagnes d'information et de prévention afin que ces innovations qui bousculent les habitudes soient bien perçues et soient adoptées.

C'est ce que vont nous expliquer les orateurs de cette séance à travers une présentation des orientations générales des bonnes pratiques phytopharmaceutiques mais aussi d'actions concrètes actuellement en cours de réalisation.

Je remercie les professionnels du secteur phytosanitaires qui ont répondu présents pour nous éclairer sur ce qui se fait en matière de bonnes pratiques phytopharmaceutiques, et pour concilier agriculture et environnement, production et écologie. Ils nous décriront comment la profession du secteur phytopharmaceutique répond à cette double exigence d'augmenter la productivité pour nourrir les 9 milliards d'habitants que nous serons bientôt, et de respecter la finitude de la planète.

Leurs interventions s'articuleront de la façon suivante :

1er exposé : La contribution de l'industrie de la protection des plantes à une agriculture durable par Jean Charles **Bocquet**, directeur général ECPA (European Crop Protection Association) ;

2è exposé: Actions pour réduire l'exposition et le risque phytopharmaceutique pour les opérateurs et les travailleurs par Julien **Durand-Réville**, Responsable Santé de l'Union des Industries de la protection des plantes (UIPP) ;

3è exposé : Les fermes AGERIS : des pratiques agricoles à haute valeur environnementale par André **Fougeroux**, Responsable environnement société Syngenta ;

4è exposé: Les bonnes pratiques pour une meilleure gestion de la fin de vie des produits phytopharmaceutiques par Rémi **Haquin**, Président d'A.D.I.VALOR

À l'heure où les médias et les écrits de toutes sortes se déchaînent contre l'emploi des pesticides dans l'agriculture (campagnes d'ONG, reportages et documentaires TV, numéro spécial d'une revue de consommateurs) noircissant un tableau à partir de données faussement interprétées, recourant à des amalgames douteux pour faire peur au citoyen non averti et distiller un message fallacieux et orienté, il apparaît important que l'Académie d'Agriculture de France, dans la pluralité de l'expression qui est la sienne, accorde une place à l'expression de la vérité basée sur les faits et sur les progrès de la connaissance scientifique, à la voix de la raison.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) REGNAULT-ROGER C., 2014. – Produits de protection des plantes : innovation et sécurité pour l'agriculture durable, Éditions Lavoisier, 318p.
- (2) REGNAULT-ROGER C. (coord), 2005. – Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, Tec et Doc Lavoisier, Paris ,1013p.

LA CONTRIBUTION DE L'INDUSTRIE DE LA PROTECTION DES PLANTES À UNE AGRICULTURE DURABLE

par Jean Charles **Bocquet**¹ et Julien **Durand-Réville**²

Les produits phytopharmaceutiques ont un rôle essentiel dans la productivité et compétitivité de l'agriculture européenne. L'ECPA (European Crop Protection Association) et ses membres font beaucoup plus que fournir aux agriculteurs les outils et solutions leur permettant de mettre à disposition des consommateurs européens une nourriture saine, de qualité et économiquement abordable. A côté des améliorations continues sur les produits et services, notre industrie a mis en place l'initiative « Hungry for change » (soif de changement en français) dans les domaines de la santé, de l'eau et de la biodiversité et de l'alimentation. Grâce à des projets spécifiques dans différents états membres, l'implication des acteurs de la filière agricole et des autorités locales lorsque cela est possible, nous améliorons sans cesse les conditions d'utilisation des produits, contribuant ainsi à renforcer la durabilité des modes de production, la réduction des risques liés à l'utilisation des produits et à la mise en œuvre de la protection intégrée des cultures.

Produits phyto : des produits utiles... qui suscitent des inquiétudes

Aujourd'hui, nous sommes déjà 7 milliards d'êtres humains et nous serons 9 milliards en 2050 : nous pouvons assurément affirmer que l'accès à une alimentation de qualité, en quantité suffisante et à des prix accessibles, sera une problématique majeure des décennies à venir. La protection des plantes sous toutes ses formes, complémentaires, contribue aux enjeux de demain en contrôlant les adventices, les ravageurs et les maladies des cultures.

Les produits phytopharmaceutiques (ou pesticides³), incontestablement utiles à l'agriculture, sont fréquemment remis en cause. La santé étant par essence une préoccupation primordiale et émotionnelle, il est naturel qu'elle soulève des interrogations légitimes. En tant que citoyens nous les partageons ; en tant qu'industrie nous contribuons à y répondre.

Une maîtrise indispensable dans l'utilisation des produits

L'encadrement européen⁴ actuel sur les pesticides est « le plus stricte au monde », comme l'a encore rappelé la Commission Européenne⁵. Comme pour les consommateurs ou l'environnement, des marges de sécurité

¹ Directeur général ECPA, 6 avenue E. van Nieuwenhuyse-Bruxelles 1160, Belgique.



² Responsable santé UIPP, 2 avenue Denfert Rochereau, 92660 Boulogne, France

³ Depuis la loi d'orientation agricole du 5 janvier 2006, « produit phytopharmaceutique » est la dénomination officielle pour désigner tout produit phytosanitaire, produit de protection des plantes, « produit phyto » ou pesticide...

⁴ Règlement encadrant la mise en marché (CE 1107/2009), règlement encadrant les limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans les denrées alimentaires (CE 395/2005), règlement encadrant l'utilisation durable des pesticides (CE 128/2009)...

sont évaluées et appliquées, pour protéger la santé et la sécurité des agriculteurs. Cette sécurité est indispensable car les produits phytopharmaceutiques ne sont pas des produits anodins. Comme les produits d'entretien, de bricolage ou les médicaments, l'utilisation non conforme aux conditions d'emploi, peut présenter des risques.

Risque = Danger x Exposition

<p>RISQUE = DANGER (x) EXPOSITION Le RISQUE est lié au DANGER et à l'EXPOSITION potentielle à ce danger</p>  <p>soleil : mode d'emploi (code proposé par l'Institut National du Cancer)</p>  <p>= Maîtrise du risque</p>	<p><i>Danger et risque, quelle différence ?</i> <i>Le danger est lié aux caractéristiques intrinsèques de chaque substance. Pour qu'il y ait risque, il faut à la fois que le danger soit notable et qu'il y ait une exposition significative à ce dernier. À titre d'illustration, à faible exposition, le soleil ne présente pas de risque. Il est même bénéfique pour la santé. Mais une forte exposition solaire peut entraîner des coups de soleil, voire des cancers cutanés en cas d'expositions longues et répétées. Pour maîtriser ce risque, il faut donc prendre des précautions : limiter l'exposition (rester à l'ombre...) et employer des moyens de protection (utiliser de la crème solaire, ou se couvrir aux heures les plus chaudes...).</i></p>
---	---

S'il est donc indispensable de reconnaître l'utilité des produits de protection des plantes, il est également essentiel d'en maîtriser l'utilisation. Fort de ce constat, l'ensemble des parties prenantes se rejoignent autour d'un objectif commun, celui de réduire les risques liés à l'exposition aux produits phytopharmaceutiques pour les utilisateurs, qu'ils soient opérateurs (en charge de la préparation de l'application et du nettoyage du matériel) ou bien « travailleurs » (en charge de travaux manuels dans des parcelles préalablement traitées).

Et pourtant, l'approche médiatique actuelle liée à l'utilisation d'intrants agricoles reste extrêmement critique alors que des progrès notables ont été accomplis. Depuis 60 ans, fournisseurs, filière agricole et pouvoirs publics, s'appuyant sur l'évolution des connaissances scientifiques, n'ont eu de cesse d'améliorer le profil des produits phyto en matière de sécurité et d'encourager les bonnes pratiques d'utilisation. Les discours laissant entendre que le risque serait aujourd'hui plus important, ignorent 60 ans de progrès, et la certitude que la sécurité sanitaire n'a jamais été aussi bien prise en charge.

⁵ Commissaire européen à la santé et à la politique des consommateurs : T.Borg, avril 2014, questions écrites.

Pour réduire le Risque, deux options complémentaires : réduire le Danger intrinsèque des solutions de protection des plantes et/ou réduire l'Exposition à ceux-ci.

La sécurité passe par l'amélioration des produits et la réduction de l'exposition

Si :	RISQUE	=	DANGER	X	EXPOSITION
Alors :	Réduire les risques	=	Améliorer les produits	X	Réduire l'exposition
			<ul style="list-style-type: none"> Ⓧ Amélioration des profils toxicologiques des molécules et des doses efficaces à l'hectare Ⓧ Évolution des formulations : sachets hydrosolubles, granulés dispersibles microcapsules, réduction des solvants Ⓧ Progrès de conception des emballages : dispositif anti éclaboussure, suppression d'opercules, facilité de nettoyage accrue Ⓧ Meilleure lisibilité des notices 		<ul style="list-style-type: none"> Ⓧ Information et sensibilisation : formations, École des Bonnes Pratiques, accompagnement réglementaire Ⓧ Projets d'amélioration de l'ergonomie et de l'hygiène au travail : emballages, équipements de protection : gants, masques, combinaisons... Ⓧ Campagnes média de sensibilisation à la santé des agriculteurs

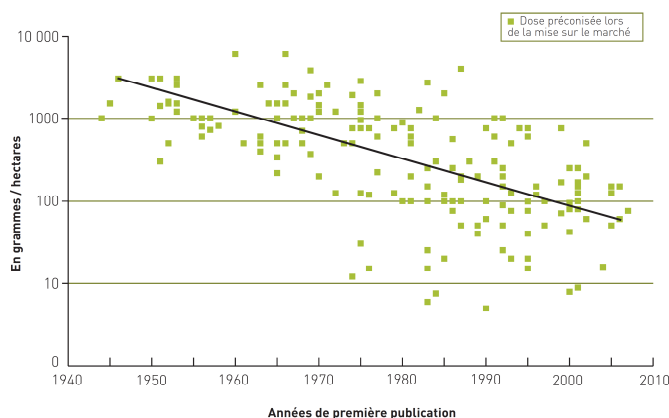
Améliorer les produits :

Des produits plus sûrs

L'évolution des exigences réglementaires va de pair avec le travail d'innovation sur les substances actives, pour proposer aux agriculteurs des produits plus ciblés et plus sûrs. Notre industrie investi chaque année plus de 8% de son chiffre d'affaire pour rechercher et développer des solutions toujours plus ciblées vis-à-vis du ravageur, de la maladie ou de l'adventice, tout en respectant l'homme et son environnement. Il faut en moyennes 10 ans d'études, réaliser de 300 à 400 études spécifiques et un investissement supérieur à 250 millions d'euros avant qu'un produit ne soit autorisé. En 60 ans, la toxicité⁶ moyenne des substances actives a été divisée par 8,5. Dans le même temps, les doses moyennes homologuées nécessaires pour traiter 1 hectare ont été divisées par plus de 34. En parallèle de ces évolutions techniques, les exigences réglementaires de mise sur le marché s'enrichissent régulièrement au gré des avancées scientifiques. C'est le cas aujourd'hui avec la prise en compte de la perturbation endocrinienne ou encore des expositions simultanées à plusieurs molécules différentes (effet « cocktail »), qui viennent petit à petit s'ajouter aux exigences réglementaires.

⁶ Dose journalière admissible, données UIPP 2013

Évolution des doses d'homologation sur 65 ans



Des formulations moins exposantes

Les formulations⁷ se sont également particulièrement améliorées, en privilégiant les formulations les moins exposantes (sécurité de l'opérateur) et adaptées au mode d'incorporation : les sachets hydrosolubles, les microcapsules, ou encore les granulés dispersibles, qui génèrent très peu de poussière, remplacent désormais de plus en plus les poudres, pour ainsi limiter le contact physique avec les utilisateurs lors de la préparation des bouillies phytosanitaires. En parallèle, un travail global de substitution de solvants a été engagé depuis plusieurs années.

Des emballages plus ergonomiques

L'ergonomie globale des emballages a été améliorée : de nouvelles poignées permettant de saisir plus facilement les bidons ou la pose de becs verseurs, dispositif anti éclaboussure, suppression d'opercules, clé d'ouverture, facilité de nettoyage et d'égouttage... sont autant de solutions simples, mais efficaces, qui permettent d'éviter les risques de contact avec la peau de l'agriculteur. Améliorer le « packaging » permet par ailleurs de fournir des preuves d'authenticité pour lutter contre la contrefaçon et garantir une traçabilité toujours plus fiable.

Des dispositifs de transfert sécurisé et étanche des produits dans la cuve du pulvérisateur (Close Transfer System), permettent d'éliminer le contact/exposition de l'opérateur sont à l'étude et en phase de développement (cf. ci-après pour Hungry for Change) grâce à une standardisation des goulots en particulier.

Réduire les expositions :

Si la réduction des dangers s'inscrit pleinement dans la responsabilité de l'industrie phytosanitaire (cf. les exemples ci-dessus), la réduction des expositions des utilisateurs, la protection des milieux aquatiques et le respect de la biodiversité, sont dépendants de l'effort et des prises de conscience de tous.

Pour atteindre ces objectifs, en tant qu'industrie, nous nous plaçons en tant que « facilitateurs d'actions multipartenaires » et initiateurs de projets.

Une démarche concertée au niveau Européen

Si des initiatives individuelles au niveau des membres (entreprises et associations nationales ou ECPA) existent depuis longtemps, une véritable impulsion a été donnée fin 2011, avec le lancement de l'initiative Hungry for Change (www.hungry4change.eu). Dans le cadre des activités suivi des produits (Stewardship des anglo saxons) les membres de ECPA ont souhaité mutualisés les ressources et mettre en place des projets spécifiques dans les domaines de la santé, de l'eau, de la biodiversité et de l'alimentation. A ce jour, 13 projets sont en place au niveau européen, avec la volonté d'impliquer le plus grand nombre possible d'acteurs de la filière, de contribuer à la formation aux bonnes pratiques d'utilisation et in fine de suivre les progrès réalisés par des indicateurs de suivis adaptés.

⁷ La formulation comprend la/les substances actives, les coformulants et la galénique associée au produit

Les démarches « bonnes pratiques » dans le domaine de la santé

Après avoir mis en place, pendant plus de 10 ans, l'école des bonnes pratiques (EBP), L'UIPP est maintenant investie dans le SUI (Safe Use Initiative) qui vise à disposer de meilleures pratiques, mais également à adapter ces pratiques aux réalités du terrain

Au niveau européen, le projet SUI est en place dans 17 états membres, en coopération avec les agriculteurs, et autres parties prenantes, y compris les autorités gouvernementales. Ce projet a 3 objectifs spécifiques : réduire l'exposition de l'opérateur en le sensibilisant et le formant à la maîtrise des risques au moment de l'application (depuis le stockage des produits sur l'exploitation, la préparation de la bouillie, l'application, le nettoyage et la gestion des emballages vides), la promotion et l'utilisation des vêtements individuels de protection, et enfin la réduction de l'impact environnemental (application, rinçage et gestion des emballages vides)

En fonction des conditions locales les efforts portent sur des aspects spécifiques : en Grèce par exemple, les efforts ont porté sur les équipements de protection dans la région de Lerapetra (zone de production légumière sous abris) et le suivi des actions a montré que le port des gants est passé de 35% à 88% 3 ans après le lancement du projet.

En France, L'UIPP anime ce dispositif depuis 2010 et a initié un projet viticole commun regroupant de nombreux partenaires en Gironde : viticulteurs, pouvoirs publics, industriels, entrepreneurs de travaux viticoles, MSA, Chambre d'agriculture, IFV, ainsi qu'Irstea et l'Université de Bordeaux pour la recherche. Ce projet a révélé notamment un besoin majeur d'organisation lors de la préparation des produits, d'adaptation les équipements de protection individuelle et de protection collective, et a montré que les cabines des tracteurs (de moins de deux ans et selon les modèles), permettent de réduire la contamination de l'air au voisinage de l'opérateur de 82 à 98%. La phase de nettoyage de l'intérieur de la cabine est clé puisqu'elle permet une réduction complémentaire de 23% de l'exposition résiduelle⁸.

Un nombre très important d'équipements ont par ailleurs été testés : Equipements de Protection Individuels (EPI), système d'incorporation, mobiliers facilitant la préparation... Différentes solutions pour faciliter le lavage des mains dans les parcelles ont par exemple été expérimentées par les équipes pour trouver le plus adéquate et la moins onéreuse : un simple jerrican souple qui peut être emporté sur la parcelle ou dans un coffre de véhicule.

L'ensemble de ces travaux scientifiques multipartenaires ont débouché sur la création de 2 guides de bonnes pratiques à destination des opérateurs et des travailleurs viticoles. Il a également permis de créer un indicateur de sécurité pour chaque type de matériel utilisé dans le traitement des cultures.



La diffusion des messages de prévention

L'UIPP et ses adhérents agissent sur la prévention et la réduction de l'exposition des utilisateurs. C'est ainsi que nos entreprises fournissent les informations sur les produits et les bonnes pratiques d'utilisation : local de stockage, diffusion des règles d'hygiène et de bonne utilisation des équipements de protection.

Au-delà de ces documents, l'industrie a lancé depuis 2010 plusieurs campagnes de sensibilisation. L'objectif de ces communications est de faire prendre conscience aux utilisateurs que pour préserver leur santé, il est nécessaire de faire évoluer leurs habitudes. La seule utilisation des équipements de protection n'étant pas

⁸ Source : Données Irstea, Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture

suffisante, elle doit être accompagnée d'une information complète, de mesures d'hygiène (lavage des mains...) et d'une bonne organisation du travail.

Ces campagnes d'information sont cosignées et relayées par l'ensemble des professionnels de la filière : représentants des industriels, des distributeurs, des agriculteurs et des conseillers. Plusieurs vagues de communication ont eu lieu dans les médias agricoles et plus de 150 000 dépliants, affiches et DVD ont notamment été distribués sur le terrain grâce à ce réseau de partenaires.



Fichier à récupérer ici :

http://www.uipp.org/content/download/382/2487/version/2/file/HD_UIPP_insert%20presse_160x240.pdf

Ces campagnes ont été jugées³ « utiles » pour 86% des agriculteurs sondés, engageantes à 81% et « permettant de modifier les pratiques » à 15% : une meilleure adaptation aux phases de travail ainsi qu'une forte progression sur le respect des points réglementaires et sur le port des équipements de protection individuels.

Au plus près des réalités du terrain

Outre les travaux SUI, qui perdurent en Europe, un récent travail a été mené en 2015 par l'industrie française pour élaborer des prototypes, co-construits avec les retours du terrain (usages, design, contraintes réelles), qui seraient spécifiquement destinés aux travailleurs ayant à rentrer dans les parcelles après des traitements. Selon les participants, ce vêtement doit être composé dans l'idéal de deux pièces distinctes, avec un modèle homme et un modèle femme pour être mieux ajusté. L'aspect « uniforme » est peu apprécié par les travailleurs qui réclament un pantalon pratique, couplé d'un vêtement à manches longues. Le tout se doit être efficace mais également léger, confortable et supportable en conditions chaudes. Ces EPI sont en cours de finalisation et devraient pouvoir atteindre un bon compromis entre efficacité et confort de travail, et répondre aux nouvelles exigences de normalisation nationales (et internationales) qui se profilent.



³ Données UIPP suite à des post test des campagnes de prévention

Les démarches « bonnes pratiques » dans le domaine de l'eau

La préservation de la qualité de l'eau fait partie de nos priorités et au-delà de l'amélioration des produits (produits moins persistants, à mobilité réduite...), nous avons mis en place depuis 2005 le projet TOPPS (Train Operators to Promote best Practice and Sustainability). Ce projet a impliqué 24 états membres et s'est développé de manière régulière (TOPPS-Life en 2005 en collaboration avec l'Union Européenne dans le cadre d'un projet Life, TOPPS-Prowadis en 2011 et TOPPS water protection en 2015). Au cours des 10 dernières années TOPPS a impliqué 22 organisations partenaires (universités, centres de recherche, instituts techniques et autorités locales). L'objectif du projet est de limiter les pollutions ponctuelles et les pollutions diffuses, durant les phases d'application et aussi sur les parcelles : diagnostic des pratiques, formation, buses anti dérives, bandes enherbées, visites sur le terrain caractérisent ce projet.



En France, L'UIPP a travaillé avec Arvalis institut du végétal et IFV (institut de la vigne et du vin) pour mettre en œuvre les opérations de diagnostic sur le terrain, les formations et les enseignements de cette initiative ont pu être utilisés dans le cadre des formations EBP (école des bonnes pratiques)

Les démarches « bonnes pratiques » dans le domaine de la biodiversité

Les effets non intentionnels des produits de protection des plantes et leur impact sur la biodiversité sont pris en compte au moment de la phase de développement et avant leur autorisation, mais nous menons aussi des projets sur le terrain, afin de contribuer au maintien et à l'amélioration de la biodiversité. Le projet INSPIA (European Index for Sustainable Productive Agriculture) est un projet collaboratif impliquant ECPA, ECAF (European Conservation Agriculture Fédération et l'IAD (Institut de l'agriculture durable). Ce projet lancé en 2013 a pour objectif de démontrer que les bonnes pratiques permettent de concilier productivité et biodiversité. Plus de 50 fermes sont impliquées, en Espagne, France, Belgique et Danemark : grâce à la mise en œuvre de 20 pratiques recommandées et le suivi de 27 indicateurs, l'utilisation d'un outil de suivi en ligne, INPIA procure aux agriculteurs les références et les conseils de bonnes pratiques qui bénéficient à la fois à la qualité de la récolte et à la biodiversité locale.

Les démarches « bonnes pratiques » dans le domaine de l'alimentation :

Les attentes et le respect du consommateur sont également pris en compte dans nos projets, notamment grâce au projet « management des résidus ». Ce projet collaboratif, lancé en 2013 dans la région d'Almeria, au Sud de l'Espagne est actuellement en cours d'extension dans la région d'Antalya, en Turquie. Dans la principale zone européenne de production de cultures légumières sous abris, un partenariat existe entre ECPA, AEPLA (association espagnole de protection des plantes, l'équivalent de l'UIPP en France) et le centre espagnol de recherche de Las Palmerillas (centre d'excellence dans la gestion de la thématique des résidus) pour le développement de guide de bonnes pratiques afin d'aider les agriculteurs, le plus souvent dans des démarches de protection intégrée, à réduire les résidus potentiels sur les récoltes. La démarche consiste à former les formateurs sur site, en Espagne, afin d'aller ensuite former les techniciens et agriculteurs en Turquie : C'est ainsi que 5 formateurs turcs, venus se former à Almería, ont ensuite formé 100 techniciens en Turquie ; ces techniciens formeront à leur tour plus de 5 000 agriculteurs turcs.

Et demain ?

Si de nombreux guides de bonnes pratiques « papier » existent, le challenge pour les années à venir est de faciliter les évolutions de comportement *car les bonnes pratiques n'ont de sens que si elles correspondent et sont adaptées à la réalité quotidienne* du terrain. C'est l'un des objectifs retenus par l'industrie de la protection des plantes : rendre simple, rendre visuel, rendre habituel ces gestes clés. Comment mettre et enlever des EPI ? Quelle procédure idéale de lavage des mains et de gestion des gants ? Comment sanctuariser les espaces de travail dédiés vis-à-vis des espaces non professionnels (cours de ferme, voiture personnelle...) ? Comment mieux lire les étiquettes des produits ? Comment inciter les agriculteurs à équiper leurs pulvérisateurs de buses ant-dérives ? A mettre en place, quand nécessaire, les bandes enherbées le long des cours d'eau, afin de diminuer les risques de contamination ?

L'une des autres marges de progrès importante réside dans les progrès attendus de la part du machinisme agricole pour améliorer ou concevoir de nouveaux systèmes de pulvérisation, pour lesquels la santé des utilisateurs et l'environnement seront encore mieux pris en compte.

Poursuivons les efforts collectifs pour que les pratiques soient reconnues par les consommateurs et le grand public

L'agriculture s'est profondément modernisée depuis 60 ans et les agriculteurs disposent aujourd'hui d'outils plus performants et plus sûrs. Nos progrès, l'évolution réglementaire et les attentes sociétales renforcent encore l'objectif commun qui est de diminuer encore et toujours les impacts sur l'environnement et la santé. Cet engagement dans des démarches de progrès, que nous poursuivons tant au niveau français qu'europpéen, nous le considérons comme faisant partie intégrante de notre métier. Nous devons impérativement partager les résultats obtenus auprès des relais d'opinion, des médias, du grand public afin de combler ce fossé qui existe entre la perception et la réalité des pratiques : ce n'est qu'à ce prix que la confiance du consommateur pourra se renforcer.

S'il est évident que le mot d'ordre : « *Protéger les plantes, c'est protéger l'avenir* » garde toute sa pertinence, il n'a de valeur aujourd'hui que dans une optique de durabilité économique, sanitaire et environnementale.

Pour en savoir plus :

Site web de l'UIPP et de l'ECPA :

- Pages dédiées à la prévention <http://www.uipp.org/Programme-de-prevention>
- Outils et guides de bonnes pratiques <http://www.uipp.org/Boite-a-outils/Supports>
- Initiative Hungry 4 change : <http://www.hungry4change.eu>
- Informations sur SUI : <http://www.ecpa.eu/page/safe-use-initiative-sui>
- Informations sur TOPPS : <http://www.topps-life.org/topps-water-protection>
- Informations sur INSPIA : <http://www.inspia-europe.eu/>

AGERIS : LES BONNES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES À HAUTE VALEUR ENVIRONNEMENTALES UN PAS VERS LA DURABILITÉ

par André Fougeroux¹

Depuis 15 ans que le réseau Agéris™ existe, les agriculteurs qui y participent ont le souci de préserver leur environnement. Celui-ci fait partie de leur patrimoine souvent légué par leurs parents et qu'ils espèrent bien à leur tour transmettre à leurs enfants.

Cet environnement est leur cadre de travail et leur cadre de vie. Il est donc primordial pour eux d'en conserver les caractéristiques tout en augmentant le niveau de productivité de leur exploitation.

Qu'ils soient viticulteurs, céréaliers, planteurs de bananes, tous ont cet objectif : concilier un haut niveau de production dans le respect de leur environnement.

Les fermes Agéris™ n'ont pas la prétention d'illustrer la diversité de l'agriculture française. Elles ont été choisies en grandes cultures, en viticulture et en production de bananes. Ce réseau ne comprend pas de productions fruitières ni maraichères et les travaux menés n'ont pas abordé l'élevage bien que certaines de ces exploitations comportent des ateliers de production animales.

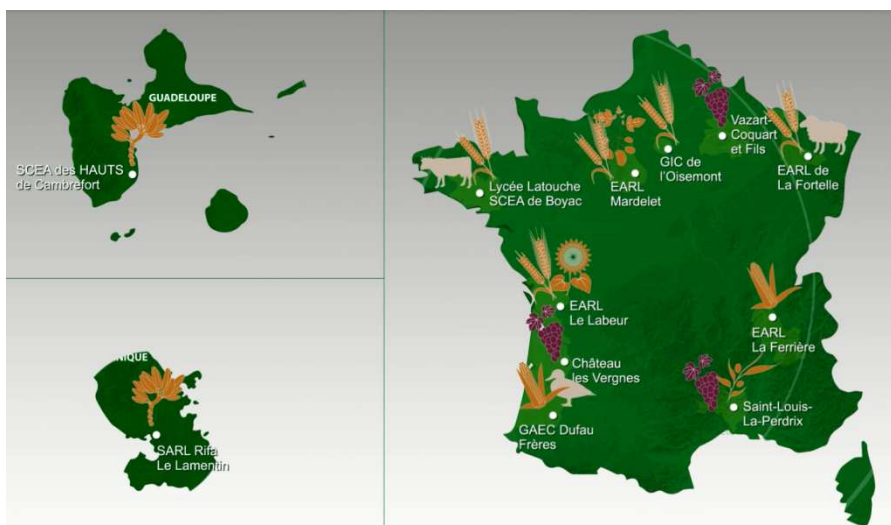


Figure 1 : carte du réseau et ses principales productions

Les exploitants du réseau se sont engagés à respecter les Bonnes Pratiques Agricoles, à raisonner la conduite des cultures, à informer les interlocuteurs du monde agricole, des filières et public, et à préserver l'environnement et le paysage rural.

Ceci s'est traduit dans les premières années par la mise en place d'équipements indispensables pour prévenir les pollutions diffuses et ponctuelles tels que :

¹ Responsable environnement, société Syngenta 1 avenue des Prés 78286 Guyancourt Cedex.

- local de stockage des produits de protection des plantes,
- pulvérisateur contrôlé et entretenu,
- aires de remplissage et de nettoyage du pulvérisateur pour la récupération des effluents,
- système de traitement de ces effluents,
- stockage sécurisé des engrais,
- système de rinçage et de mise à disposition des emballages vides de produits phytosanitaires,
- mise à disposition des emballages vides de produits phytosanitaires auprès d'ADIVALOR,
- mise en œuvre de solutions pour éviter le contact entre l'applicateur, les employés et les produits de protection des cultures,
- Mise en œuvre de moyens prévenant tout versement involontaire de produit.

Afin de limiter les intrants et les excès nuisibles à l'environnement, les interventions de protection des cultures sont raisonnées selon le potentiel de la culture, le risque parasitaire ou de la flore adventice et de la climatologie. L'exploitant consulte les bulletins de Santé Végétale (BSV), des piégeages, des observations de parcelles, des outils d'aide à la décision. Suivant les informations recueillies, il intervient au bon moment avec un produit autorisé pour l'usage, à la bonne dose et en conditions climatiques favorables.

La fertilisation et l'irrigation sont aussi raisonnées suivant les indications de modèles ou d'analyses basés.

L'exploitant s'engage à entretenir et renouveler les haies, bosquets, talus, bandes enherbées, jachères pour des raisons techniques (érosion des sols, pollutions diffuses...) mais aussi pour des raisons environnementales voire des raisons sociétales (paysage, écotourisme, chasse).

Les bandes enherbées mais aussi les haies contribuent à limiter et intercepter les ruissellements et à préserver la qualité de l'eau. Elles évitent les dérives de pulvérisation et constituent un filtre aux transferts de produits phytosanitaires et d'engrais vers le milieu aquatique.

Un « état des lieux » a été conduit sur les exploitations au travers d'audits :

- Eau (Aquasite® et Aquaplaine®),
- insectes utiles,
- suivis de ruchers,
- flore.

Les moyens mis en œuvre par les agriculteurs leur permettent de postuler aux qualifications existantes pour les exploitations et les productions agricoles notamment à la certification Haute Valeur Environnementale de niveau 3 (HVE3).

Enfin, le réseau constitue un outil d'information pour tout acteur des filières.

Avec le « parcours nature », le visiteur découvre les liens entre agriculture productive et environnement et la contribution des aménagements de territoire au développement de la biodiversité.

Au travers de ce réseau, chacun peut découvrir l'agriculture autrement et constater les efforts consentis par la profession pour promouvoir une agriculture économiquement performante, soucieuse de la qualité de ses productions et respectueuse de l'environnement

Les audits environnementaux

L'eau :

La contamination des eaux de surface provient à plus de 60% des pollutions ponctuelles. Les aménagements ont été installés pour limiter les pollutions ponctuelles: aire de remplissage et de lavage des pulvérisateurs, local de stockage des produits, collecte des emballages vides, gestion des effluents, stockage des engrais.

Sur les fermes traversées par des cours d'eau, l'analyse des risques de pollutions diffuses a été conduite avec le concours d'Arvalis-Institut du végétal. A partir des conclusions des audits, les bandes enherbées et les haies pentes ont été mises en place.

La biodiversité

Seul ce qui est connu peut être protégé. Les fermes ont donc fait l'objet d'audits. Cependant l'étude de la biodiversité n'a porté que sur la flore herbacée, les arthropodes auxiliaires et l'avifaune et les mammifères sauvages. D'autres volets n'ont pas été mesurés : papillons rhopalocères, chiroptères, micromammifères, lombricidés, faune aquatique.

La flore :

Sur quelques exploitations en plus de l'audit flore, les pollens collectés à partir des ruchers implantés pendant 3 saisons apicoles consécutives ont été identifiés afin d'évaluer le potentiel des exploitations à accueillir des pollinisateurs.

Le nombre d'espèces végétales présentes varie entre 157 pour la ferme de Beauvilliers à 470 pour le vignoble de Château Les Vergnes. En France métropolitaine, la flore est estimée à 4 900 espèces. Les exploitations hébergent donc entre 2,5 et 7,5 % de cette flore. Une exploitation est considérée botaniquement pauvre en dessous de 200 espèces. Avec 265 espèces en moyenne, les fermes du réseau possèdent une diversité floristique correcte. Avec 157 espèces, une exploitation se situe sous ce seuil. En général, 80% de cette diversité floristique se situe dans le pourtour des parcelles confirmant le rôle des bords de champs dans la biodiversité agricole. Cela implique dans le cadre de l'amélioration de la biodiversité en agriculture de favoriser ces bords de champs en installant ces bordures là où elles font défaut et en les gérant de manière raisonnée. Dans les inventaires, des espèces remarquables ont été identifiées. La ferme de Saint-Jean d'Angély abrite une population d'Odontite de Jaubert, espèce endémique protégée.

Enfin, la biodiversité est variable selon les régions et il serait vain de vouloir la même biodiversité dans un bocage breton qu'en Beauce. Il est donc important de comparer la flore identifiée à la flore régionale pour mieux approcher une notion importante qui est la « capacité d'accueil » de l'exploitation.

La faune

Les inventaires réalisés par des spécialistes des Fédérations de Chasse ont porté sur les oiseaux et sur les mammifères. Ils ont été réalisés suivant un protocole commun. Les populations de mammifères enregistrées ne permettent pas de différencier les exploitations. En revanche, on recense des communautés aviaires installées sur les fermes soit pendant toute l'année soit, pour les oiseaux migrateurs, pendant le printemps et l'été.

Les fermes hébergent 25 à 70 espèces d'oiseaux soit entre 5,7 et 12 % de l'avifaune de la France métropolitaine. On enregistre une diversité d'oiseaux comprenant des espèces remarquables telles que l'œdicnème criard, huppe fasciée, outarde canepetière, elanion blanc...



Elanion blanc Duhort Bachen(40)

Les audits menés après 15 ans d'aménagements sur ces exploitations montrent soit le maintien soit l'amélioration du nombre d'espèces d'oiseaux de plus de 30% (Beauvilliers). L'érosion de la biodiversité

n'est donc pas irréversible et ces observations sont autant d'encouragements pour les agriculteurs à améliorer les habitats de cette avifaune.

Les aménagements :

Le Game and Wildlife Conservation Trust (GWCT) a montré que cette érosion de la biodiversité en grandes cultures pouvait être stoppée. A Loddington, le GWCT a constaté suite aux aménagements qu'il était possible de retrouver, un niveau d'abondance d'oiseaux équivalent à celui de 1960.

En France, ces propositions ont été reprises et adaptées grâce aux organisations de chasse (ONCFS, Association nationale petit gibier, Fédérations de Chasse) qui voyaient les populations de perdrix grises s'effondrer en zones céréalières (Bernard *et al.* 2007).

Les leviers restaurant cette biodiversité sont désormais connus : tailles de parcelles, rotation culturale et assolement, mise en place et gestion des bords de champs, enherbements inter-rangs, implantation et restauration des haies, cultures intermédiaires...

Ces mesures proposées au réseau Agéris™ ont été adoptées à des degrés divers selon les situations. Des mesures d'« efficacité » ont été réalisées pour compléter les connaissances sur les mesures d'aménagement. Ces résultats sont rassemblés dans deux brochures :

- Agriculture compétitive & biodiversité : l'exemple des fermes Agéris™ pour les fermes de grandes cultures ;
- viticulture compétitive et responsable pour les exploitations viticoles.

Adaptation des tailles de parcelles

Pour maximiser les effets de lisière, il est conseillé de découper les parcelles en favorisant une sole allongée. Les agriculteurs du réseau ont privilégié les parcelles en tenant compte des largeurs des outils agricoles. Dans la plupart des cas, les parcelles n'excèdent pas 150 m de large. Il s'agit d'un compromis qui prend en considération les besoins de déplacements d'oiseaux emblématiques des plaines céréalières mais aussi les déplacements des carabes prédateurs de ravageurs.

Rotation culturale et assolement

La diversification des cultures dans la limite des possibilités d'écoulement des produits agricoles a été d'autant mieux acceptée par les agriculteurs que cela correspondait à leur souhait d'étaler les chantiers. Ainsi La ferme de Beauvilliers est passée de 6 à 11 cultures en l'espace de quinze ans.

Localisation	surface	Nombre de cultures	% Prairies Permanentes ou jachères	Surface d'intérêt écologique (SIE) en %	Bandes enherbées (ha)	Longueur de haie et lisière (m)
Beauvilliers	124	11	3,5	3	2,5	800
Henamenil	124	5	8	10	2	1505
Château les Vergnes	120	5	25	30	32	1930
St Louis la Perdrix	60	2	0	5	3	2145
Duhort Bachen	145	6	12	6	8,5	5387
GIC de l'Oisemont	700	8	2	2	10	21000

Tableau I : diversité des productions sur quelque fermes et part consacrée aux aménagements écologiques.

Ces exploitations ont une diversité de cultures loin des images stéréotypées qui laissent penser que la monoculture est la règle. Dans une proportion de 3 à 30% des espaces peu ou non cultivés sont présents sous forme de jachères, de prairies permanentes et de zones d'intérêt écologiques constituées de haies, de bandes

enherbées, de bois. Concernant la gestion des assolements, les agriculteurs favorisent la diversité culturelle en évitant la même culture dans deux parcelles contiguës et juxtaposant cultures d’hiver et de printemps.

En production viticole et en bananeraie (C. Regnault Roger 2014), plus spécialisées, la diversité des cultures est moindre. En revanche la gestion des inter-rangs offre des possibilités de diversification végétale au sein même des cultures.



Inter-rangs enherbés en bananeraie et en vignoble bordelais

Les haies

Outre leur intérêt agricole (délimitation du parcellaire, protection contre le vent et acteurs du microclimat, effet anti-érosion, infiltration de l’eau, régénération des nappes phréatiques, protection contre les pollutions diffuses), les haies sont des éléments fixes au milieu d’un univers soumis au rythme des travaux des champs et sont source de biodiversité. En choisissant les espèces et en entretenant les haies, il est possible d’augmenter leur intérêt pour la biodiversité. Rapidement pour plusieurs exploitations Agéris™ l’installation de haies supplémentaires, a été décidée en respectant les caractéristiques paysagères locales et en utilisant des espèces locales. Le choix s’est porté sur des espèces favorisant les auxiliaires et les pollinisateurs, des espèces utiles à l’avifaune en automne et sans inconvénient majeur pour les cultures adjacentes.

Conduire une haie dépend du paysage de la région. Une haie bocagère ne sera pas conduite comme une haie implantée en région traditionnelle d’openfield. Cependant, plus une haie est structurée, composée de différentes espèces et de différentes strates complémentaires, plus elle sera bénéfique pour la biodiversité.

Une étude a été menée sur la ferme de Saint Jean d’Angély comparant les arthropodes auxiliaires entre 2 haies: une plantée sur un rang suivant les critères retenus, taillée régulièrement et une haie spontanée.

La haie implantée est plus riche en espèces et en effectifs : 34 espèces contre 18 dans la haie spontanée. Cette différence s’explique par la plus grande diversité des espèces végétale de la haie implantée : noisetiers, cerisiers, érables, noyers, viornes, aubépines, prunelliers... par rapport à la haie spontanée composée seulement de chênes, frênes, lierres.

Le rôle des haies pour les pollinisateurs a été étudié sur plusieurs fermes en réalisant des suivis palynologiques. Elle montre l’importance de la haie au printemps à la reprise d’activité des abeilles et en automne pour la constitution de réserves hivernales. En début d’année les haies peuvent représenter 100% des ressources grâce à certains arbustes : aubépine, prunellier, noisetier, saule et merisier. Pendant la saison, sorbier, ronces, cornouiller, châtaigniers forment des compléments importants. Enfin en automne, le lierre fournit l’unique ressource disponible pour les abeilles sauvages et domestiques.

Bandes enherbées et inter-rangs

Les dispositifs enherbés limitent les transferts d'engrais et de produits phytosanitaires vers les eaux de surface, réduisent l'érosion, et suivant leur composition et leur gestion contribuent à créer des lisières favorables à la biodiversité.

Sur les fermes du réseau, des dispositifs enherbés sont installés le long des cours d'eau conformément à la réglementation, le long des lisières de bois et entre les parcelles. Ces dispositifs sont composés d'une fétuque ou d'un dactyle (E. Ythier 2003). Un trèfle blanc ou hybride complète cette graminée. Si la graminée ne pose pas de problème aux cultures céréalières adjacentes, elle favorise les carabes et les hyménoptères, parasitoïdes de pucerons. Elle est aussi intéressante pour la circulation de la faune de plaine. Quant au trèfle, il apporte une ressource pour les insectes polliniphages. Diversité et abondance de l'entomofaune ont été mesurées à Beaurepaire sur une bande enherbée implantée faisant l'interface entre une lisière de bois et une parcelle cultivée. Les observations sont issues des pièges placés dans la zone forestière, la bande enherbée avant et après enherbement et la zone cultivée.

La bordure enherbée s'enrichit en arthropodes. De « nouvelles espèces » y apparaissent, notamment chrysopes, coccinelles et syrphes, qui sont des prédateurs importants. La bordure enherbée constitue le milieu le plus riche, quantitativement et qualitativement.

Malgré de nombreux points positifs pour la protection des eaux et la biodiversité, des questions restent en suspens. Comment évaluer la « qualité » de la composition d'une bordure ? Les travaux de l'INRA de Rennes sur les bordures du bocage breton des pistes intéressantes pour diagnostiquer une bordure et la restaurer.

La gestion de ces zones enherbées ne doit pas aller à l'encontre des efforts consentis pour leur mise en place. L'entretien le plus respectueux est la fauche avec exportation. Mais peu d'agriculteurs sont équipés pour faucher et la majorité doit recourir au broyage.

L'effet du broyage a été étudié sur deux couverts à Duhort Bachen. Etaient comparées une jachère pluriannuelle semée à base de graminées et une jachère pluriannuelle spontanée. L'effet du broyage sur l'entomofaune entraîne la disparition de 95% des insectes et de 63% des araignées.

Les zones fleuries

La réduction des habitats et la disparition de ressources florales dans les espaces agricoles constituent l'une des causes de la réduction des pollinisateurs. L'implantation de bandes fleuries à dominante de légumineuses entraîne une multiplication du nombre de bourdons de 200% (Pywell, R. F. *et al.* 2007). Des zones fleuries ont donc été semées sur les fermes du réseau. Sur une exploitation de 120 hectares, une zone fleurie de 3000 m² contribue durant la période estivale de disette à plus de 50% des ressources polliniques des abeilles. Ce résultat rejoint les études menées en France où 0,5% de la surface cultivée aménagée en zones mellifères apportent 70% du pollen collecté par les abeilles (Poissonnet T *et al.* 2006).

Conclusions

Les agriculteurs AgérisTM ont montré que la biodiversité est une part entière de leur patrimoine. L'état de celle-ci est plutôt satisfaisant et les 15 années de gestion responsable de leur territoire a permis aux agriculteurs d'améliorer cette biodiversité dans des proportions notables. Il reste de nombreuses questions en suspens, notamment la notion de « capacité d'accueil » d'une exploitation. En effet, lorsque sont dénombrés des organismes vivants dans une catégorie (oiseaux, plantes, insectes) est ce que ce chiffre indique une biodiversité optimum pour la ferme considérée ?

Cette réflexion conduit à replacer la biodiversité dans un contexte plus global considérant le volet économique et le volet social. La gestion de cette biodiversité et de la protection de l'eau par les agriculteurs est un compromis entre exigences économiques de production, demandes sociales et sociétales et

environnement, en bref une approche de durabilité. Ce constat a conduit les agriculteurs du réseau à mettre au point un diagnostic complet. Dénommé Diageris, il fait un état de l'exploitation sur biodiversité, bilan carbone, qualité de l'eau et des sols, bilan énergétique, sécurité de l'agriculteur et des employés, pratiques phytosanitaires et performances économiques. Cet outil est limité aux exploitations de grandes cultures, viticoles. Il est étudié sur d'autres exploitations que celles du réseau pour valider les réponses et les comparer entre elles.

Les 15 ans du réseau Agéris constituent un socle solide permettant de montrer les engagements d'agriculteurs responsables pour répondre aux demandes de la Société en approvisionnement alimentaire, énergétique, de protection de l'environnement et plus généralement de contribution aux demandes sociétales.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) BERNARD J.-L., HAVET P., FORT M., 2007. – Productions végétales, pratiques agricoles et faune sauvage, ACTA.
- (2) FOUGEROUX A., GIFFARD H., 2006. – Ressources alimentaires de l'abeille en zone de grandes cultures – L'expérience des ruchers Agéris. *Phytoma*, **592**, 45-47.
Gestion des bords de champs cultivés : agriculture, environnement et faune sauvage - 2009.
- (3) POISSONNET T., BOYER P., ODOUX J.-F., FOUGEROUX A., LECOMPTE P. 2006. – Jachère « entomofaune pollinisatrice » en Montagne de Reims *Bull. Tech. Apic.*, **34** (1), 2007, 17-32
- (4) PYWELL R. F.; MEEK W. R.; CARVELL C.; HULMES L.; NOWAKOWSKI M. 2007. – The Buzz project: biodiversity enhancement on arable land under the new agri-environment schemes. In: Boatman et al., N., (ed.) *Delivering Arable Biodiversity*. Wellesbourne, Association of Applied Biologists, 61-68. (*Aspects of Applied Biology*, 81, 81).
- (5) REGNAULT ROGER C., 2014. – Fier d'être agriculteur Agéris en Martinique !-*Phytoma* n°679 p 2-5.
- (6) SYNGENTA., 2013. – Viticulture compétitive et responsable.
- (7) SYNGENTA, 2011. – Agriculture et biodiversité
- (8) YTHIER E, BERNARD J.-L., 2003. – Flore des bordures, pucerons et auxiliaires en culture betteravière - *Phytoma* N°556.

LES BONNES PRATIQUES POUR UNE MEILLEURE GESTION DE LA FIN DE VIE DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

par Pierre de Lépinau¹



Introduction : La fin de vie des produits phytopharmaceutiques

Selon l'article L. 541-1-1 du Code de l'environnement, est considéré comme déchet « toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire ».

Lors de son activité courante, l'exploitant agricole, utilisateur de produits phytopharmaceutiques, peut être confronté à trois types de déchets issus de ces produits :

- Les **Emballages Vides de Produits Phytopharmaceutiques (EVPP)** ;
- Les **Produits Phytopharmaceutiques Non Utilisables (PPNU)**, qui ne pourront plus être utilisés du fait :
 - o d'une interdiction réglementaire,
 - o de leur mauvais état (prise en masse, produit périmé par exemple),
 - o de l'impossibilité de pouvoir les utiliser dans l'exploitation (arrêt de culture, changement de cahier des charges en particulier) ;
- Les **effluents phytopharmaceutiques**, qui peuvent être des fonds de cuves, des bouillies phytosanitaires non utilisables, des eaux de nettoyage du matériel de pulvérisation, ainsi que les effluents liquides ou solides ayant été en contact avec des produits ou issus de traitements de ces fonds de cuves, bouillies, eaux ou effluents.

Chaque année, 6.000 tonnes d'emballages usagés issus de l'utilisation de produits phytosanitaires sont générés par les exploitations agricoles en France. Concernant les produits non utilisables, les stocks accumulés dans les exploitations depuis le début du 20^e siècle étaient estimés, en 2001, à 10,000 tonnes environ. Il n'existe en revanche pas, à ce jour, d'estimation des quantités d'effluents éliminés chaque année.

Des modes de gestion inadaptés (brulage, enfouissement) peuvent avoir un **impact** significatif sur la **qualité des milieux sol, air et eau**. Les **bonnes pratiques** concernant la gestion de ces déchets ont ainsi considérablement évolué durant les trente dernières années (voir encadré en annexe), en réponse à l'évolution du cadre réglementaire, des cahiers des charges de production et, de façon plus générale, des conditions d'utilisation des produits phytopharmaceutiques dans les exploitations agricoles. Les mêmes évolutions ont d'ailleurs été observées pour la gestion des déchets ménagers, passée du « tout décharge » dans les années 70 au « tout tri et recyclage » durant la dernière décennie.

Le présent article expose les bonnes pratiques à respecter pour mieux gérer les EVPP et les PPNU.²

¹ Directeur Général d'A.D.I.VALOR.



Figure 1 : Emballages Vides de Produits phytosanitaires (source : A.D.I.VALOR)

Répondre à l'évolution de la réglementation

Dès le milieu des années 70, avec l'adoption de la loi 75-663 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux, les industriels ont dû améliorer la gestion de leurs déchets. Par ailleurs, dans les années 80, la prise de conscience environnementale a conduit la France vers une nette amélioration de la qualité de sa gestion des déchets, passant d'une forte propension à la mise en décharge (dorénavant appelée « centre de stockage ») à des modes de traitement de plus en plus élaborés et respectueux de l'environnement.

Le code de l'environnement stipule, par ailleurs, dans son article L541-2 que « *Tout producteur ou détenteur de déchets est tenu d'en assurer ou d'en faire assurer la gestion* ». Ses dispositions ont pour objet « *D'assurer que la gestion des déchets se fait sans mettre en danger la santé humaine et sans nuire à l'environnement, notamment sans créer de risque pour l'eau, l'air, le sol, la faune ou la flore, sans provoquer de nuisances sonores ou olfactives et sans porter atteinte aux paysages et aux sites présentant un intérêt particulier* » (article L541-1, point II).

Au niveau européen, la directive n°2008/98/CE du 19 novembre 2008 relative aux déchets a introduit l'obligation de **hiérarchiser les modes de gestion des déchets**. Elle incite les Etats membres à **recycler** tous les objets qui ne peuvent être directement réemployés. C'est seulement lorsque le recyclage s'avère

² Concernant les effluents phytopharmaceutiques, A.D.I.VALOR a publié en 2010 un guide pratique à leur sujet, intitulé « Stratégie de gestion des déchets issus du traitement des effluents de produits phytosanitaires », téléchargeable sur le site www.adivalor.fr

difficilement réalisable (pour des raisons techniques et/ou économiques) que d'autres modes de gestion des déchets (valorisation énergétique, stockage ultime) doivent être envisagés.

Les déchets phytopharmaceutiques utilisés en agriculture sont des déchets d'activité économique, potentiellement dangereux, non assimilables aux ordures ménagères : il y a obligation pour l'entreprise d'en assurer ou d'en faire assurer le traitement conformément à la réglementation.

Les agriculteurs, en tant que chef d'entreprise, ont donc une **responsabilité individuelle** dans la gestion et l'élimination de leurs déchets et doivent être en mesure de prouver qu'ils les ont bien évacués dans les conditions requises. L'enfouissement et le brûlage sont bien sûr interdits. Pour les EVPP et les PPNU, le régime général des sanctions prévues par le Code de l'environnement est complété par des dispositions spécifiques au Code rural et des sanctions financières significatives sur le montant des aides directes de la Politique Agricole Commune au titre de la conditionnalité (versement de certaines aides soumis au respect de règles sanitaires et environnementales notamment).



Figure 2 : Exploitant agricole stockant des EVPP rincés et séchés dans un sac de collecte prévu à cet effet (source : A.D.I.VALOR)

A.D.I.VALOR : une initiative collective et volontaire pour organiser la gestion de la fin de vie des produits phytopharmaceutiques

Créée en 2001, à l'initiative de l'Union de l'Industrie de la Protection des Plantes, A.D.I.VALOR est le fruit d'une **démarche interprofessionnelle** ; elle a pour actionnaires l'ensemble des partenaires opérationnels et financiers de la filière :

- Les **metteurs en marché**, industriels ou importateurs, via la société COVADA (51% du capital d'A.D.I.VALOR), contrôlée par l'Union des Industries de la Protection des Plantes (UIPP)³. COVADA gère la collecte de l'éco contribution prélevée lors de la vente des produits. Cette éco contribution est reversée à A.D.I.VALOR pour le financement des programmes de collecte « EVPP » et « PPNU » ;
- Les **distributeurs** de produits d'agrofourniture qui sont les principaux opérateurs de collecte dans le dispositif A.D.I.VALOR, représentés par Coop de France - métiers du grain, l'Union des Coopératives INVIVO et la Fédération du Négoce Agricole ;
- Les **agriculteurs**, représentés par la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles (FNSEA) et l'Assemblée Permanente des Chambres d'agriculture (APCA).

A.D.I.VALOR est une **réponse volontaire** aux orientations définies par la loi de programmation n° 2009-967 du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement et, plus récemment, les dispositions de la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Elle est par ailleurs reconnue par un accord-cadre avec le Ministère de l'Ecologie, dont la troisième édition est en préparation pour la période 2016-2020.

Dans la pratique, 285.000 utilisateurs professionnels, agriculteurs et professionnels des espaces verts, apportent chaque année leurs emballages usagés dans l'un des 6.000 points d'apport mis à leur disposition par les 1.200 opérateurs de collecte, principalement distributeurs, partenaires d'A.D.I.VALOR. Après regroupement, A.D.I.VALOR organise la récupération des plastiques et des emballages via des entreprises spécialisées. Les déchets collectés sont expédiés vers des sites de valorisation ou transférés sur des plateformes de transit, où ils font l'objet d'un tri et d'un prétraitement (mise en balle, broyage).

Les Chambres d'Agriculture et d'autres organismes de développement, appuyés par le réseau FNSEA, contribuent à l'organisation et à la diffusion d'information sur les collectes, à l'échelle du département ou de la région.

Emballages vides : du tri au recyclage

Emballages usagés : l'enjeu du tri

En 2015, il est demandé aux utilisateurs de procéder à **un tri « à la source »** de leurs emballages usagés, selon trois catégories :

- Les bidons plastiques (qui doivent être rincés et égouttés – voir « règle d'ORE ci-après ») : une fois conditionnés dans des sacs de collecte (sans leurs bouchons collectés à part), ces emballages pourront être gérés séparément et expédiés dans des usines de recyclage.

³ L'entrée de l'UPJ (Union des Professionnels du Jardin et des Espaces Verts) au capital de COVADA a permis l'ouverture du dispositif aux professionnels non agricoles : entreprises d'espaces verts, collectivités.

- Les fûts plastiques et métalliques (contenance supérieure à 25 litres) : ces emballages sont remis fermés et non rincés (difficiles à rincer).
- Boîtes, sacs et autres déchets (bouchons notamment).

En fonction des types de déchets, différentes périodes de collecte sont organisées, pendant lesquelles les agriculteurs peuvent remettre, dans les points de collecte partenaires, leurs déchets triés et conditionnés selon les procédures diffusées (voir figure 3 « consignes de tri »).



Figure 3 : Les consignes de tri en 2015 (source : A.D.I.VALOR)

Emballages plastiques : la règle d'ORE : Ouvert – Rincé - Egoutté

Les emballages plastiques représentent 85 % du gisement d'EVPP en France. Les bidons plastiques, collectés via le réseau de collecte des partenaires d'A.D.I.VALOR, ont été **préalablement vidés, rincés et égouttés** par les agriculteurs : le rinçage des emballages vides ayant contenu des produits phytosanitaires s'effectue **lors de la préparation de la bouillie**, les **eaux de rinçage devant être incorporées à la bouillie**. Le rinçage s'effectue soit à l'aide d'un rince-bidon inclus dans l'incorporateur du pulvérisateur, ou bien mobile, soit par l'eau courante. Dans ce dernier cas, il est recommandé de rincer trois fois durant environ 30 secondes.



PHOTO RINCE BIDON MECANIQUE

Figures 4 et 5 : Rinçage d'EVPP avant stockage (source : A.D.I.VALOR)

Ils sont ensuite **conditionnés** dans des sacs de collecte prévus à cet effet, que les agriculteurs peuvent obtenir chez leurs distributeurs (opérant, la plupart du temps, comme point de collecte).

Les lots d'emballages sont **contrôlés** lors de l'apport sur le site de collecte, puis lors de l'enlèvement par l'entreprise en charge du transport de ces déchets, du site de collecte à la plateforme de tri et regroupement. Tout sac de collecte non conforme est écarté du circuit de collecte. L'efficacité de ce dispositif, basé sur quatre étapes de contrôle successives, est évaluée chaque année par A.D.I.VALOR au moyen d'analyses visant à rechercher la présence de substances actives dans les emballages usagés collectés dans ces conditions. Les analyses réalisées par A.D.I.VALOR depuis 2005 indiquent que les concentrations mesurées sont significativement plus faibles que les limites de concentrations les plus sévères (0,1% du poids du déchet pour les substances classées très toxiques), telles que définies par la réglementation sur la classification des déchets.

Ces emballages rigides en plastique, **correctement vidés et rincés**, peuvent donc être gérés comme **déchets non dangereux**, sous la rubrique n° 15 01 02 (emballages en matières plastiques)⁴.

Les **bénéfices des bonnes pratiques de rinçage** des emballages vides sont multiples :

- Réduction du risque d'exposition pour les personnes en charge des opérations de transport, mise en balle, stockage, broyage ;
- Réduction des risques de pollution des milieux liés à l'écoulement, durant les opérations de stockage ou de transport, de produit présent dans des bidons mal rincés ;
- Simplification des opérations de transport, regroupement et stockage : les dispositions de la réglementation sur le transport et le stockage des déchets non dangereux sont compatibles avec les dispositions prises par les coopératives et négociants pour leur activité courante ;
- Réduction des coûts :
 - o Au niveau de l'utilisation des produits : le rinçage permet d'utiliser l'intégralité du produit phytosanitaire que vous avez acheté. Sans rinçage, il peut rester jusqu'à 5% du produit à l'intérieur, représentant jusqu'à 3€ par bidon⁴.
 - o Au niveau de la collecte : la gestion des emballages en tant que déchets non dangereux facilite la manipulation des emballages vides ;
- Amélioration du bilan environnemental : les emballages plastiques, correctement nettoyés, peuvent être recyclés ;

⁴ Annexe II de l'article R541-8 du code de l'environnement.

⁴ Source : UIPP- « dépliant rinçage »- 2014

Le rinçage limite donc les risques environnementaux et sanitaires, et diminuent les coûts de gestion des emballages.

Des emballages plastiques correctement triés et nettoyés sont recyclables

En 2014, 83% des emballages vides de produits phytopharmaceutiques (EVPP) ont été collectés. Le bon rinçage des bidons lors de l'utilisation des produits est devenu la pratique courante. Deux bidons collectés sur trois ont ainsi pu être recyclés dans des conditions strictement contrôlées et pour des usages déterminés :

- Une fois recyclés, les **bidons plastiques** seront utilisés pour fabriquer d'autres objets plastiques comme par exemple des tubes pour l'industrie ou des gaines de câbles électriques pour le secteur du bâtiment (voir Figure 6) ;
- Les **futs plastiques et métalliques**, d'une contenance supérieure à 25 litres, sont valorisés par des entreprises spécialisées dans le traitement d'emballages industriels ;
- Composés de différents matériaux (papier, carton, plastique, aluminium), **les boîtes, sacs et autres déchets** (bouchons notamment) ne peuvent pas être recyclés. Ils seront broyés puis valorisés comme combustible de substitution, notamment en cimenterie.



Figure 6 : Recyclage des bidons plastiques (source : A.D.I.VALOR)

Le recyclage permet de limiter les importations de matières premières, de contribuer aux économies d'énergie et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les **analyses de cycle de vie** réalisées sur le recyclage des emballages plastiques soulignent les **impacts positifs du recyclage** par rapport à des voies de traitement comme l'incinération ou la mise en centre de stockage: les impacts évités sont globalement très supérieurs aux impacts liés à la mise en œuvre des nouvelles technologies, notamment, bien entendu, pour l'impact « **économie ressource fossile** ».

Le recyclage contribue également à réduire les coûts de gestion des emballages usagés. Les emballages plastiques recyclables représentent en effet aujourd'hui une source de revenu pour A.D.I.VALOR : les recettes générées par la cession de déchets d'emballages plastiques recyclables couvrent près de **20% des coûts totaux du programme** de collecte des emballages.

Enfin, le recyclage participe à la mise en œuvre effective de la hiérarchie des modes de gestion des déchets établie au niveau communautaire.

PPNU : de la bonne gestion des stocks sur l'exploitation à leur élimination

10.700 tonnes de produits phytosanitaires non utilisables (PPNU) ont été éliminés de 2001 à 2014. Selon les études menées par A.D.I.VALOR, les stocks résiduels concernent désormais moins de 10% des exploitations agricoles. Les quantités à collecter et à éliminer pour les années à venir sont estimées à 200 tonnes de produits annuellement.



Figure 7 : Local de stockage de produits phytosanitaires (source : A.D.I.VALOR)

La meilleure façon de gérer ses PPNU est de ne pas en avoir !

Pour éviter d'avoir des produits phytosanitaires non utilisables, il convient de respecter les **bonnes pratiques** suivantes :

- Stocker ses produits dans un local à l'abri du gel, de l'humidité et des fortes chaleurs. Les caractéristiques du local de stockage doivent répondre à ces exigences ;
- Veiller à une bonne gestion de ses stocks avant de passer une commande ;
- Règle du « premier entré, premier sorti » ;
- Acheter de préférence les produits en saison en fonction des besoins réels de protection des végétaux cultivés ;
- Se tenir informé des retraits d'homologation auprès de son distributeur ou son conseiller habituel.

Si certains produits phytopharmaceutiques doivent être éliminés, il est recommandé de la faire le plus rapidement possible : un stockage prolongé de ce qui est devenu un déchet dangereux présente en effet un risque pour la santé et l'environnement de l'exploitant.

Dans ce cas, il est obligatoire de faire appel à une **entreprise spécialisée** habilitée pour la collecte et l'élimination des produits dangereux. Sous certaines conditions, ces produits peuvent être éliminés via les collectes organisées par les distributeurs partenaires de la filière A.D.I.VALOR.

Dans l'attente d'une collecte, il est recommandé :

- De garder les produits dans leurs emballages d'origine (ni mélange, ni reconditionnement) ;
- De mettre chaque emballage fuyard ou détérioré dans un sac plastique transparent ou translucide ;
- D'inscrire, sur l'emballage du PPNU ou sur le sac de suremballage, la mention «PPNU à détruire» ;
- De stocker les produits non utilisables à l'intérieur du local phytopharmaceutique, à un endroit distinct des produits utilisables ;
- D'apporter les PPNU à la date et au lieu indiqué par son distributeur ;
- De conserver l'attestation de remise qui sera délivrée par le distributeur.

Lors de toute manipulation des PPNU, il convient de se protéger avec des équipements de protection appropriés (gants, masque, combinaison, lunettes).



Figures 8 et 9 : Stockage de PPNU (source : A.D.I.VALOR)

Conclusions

« Le meilleur déchet est celui qu'on ne produit pas ». Si l'objectif de prévenir l'apparition des déchets reste la priorité des politiques environnementales, le secteur agricole a concentré ses efforts pour collecter le maximum des déchets issus des exploitations agricoles. Le développement des bonnes pratiques de rinçage et de tri des emballages usagés a permis dans un second temps de sécuriser le fonctionnement technique de la filière, de la collecte au traitement final, et développer ainsi le recyclage des emballages.

Les bonnes pratiques de stockage sur l'exploitation, ainsi qu'une information continue des exploitants sur la situation réglementaire des produits stockés, contribuent à limiter au maximum les quantités de produits non utilisables à éliminer, et les risques environnementaux et sanitaires associés.

La France est aujourd'hui pionnière en Europe sur ce dossier grâce à l'initiative A.D.I.VALOR menée par la profession et soutenue par les pouvoirs publics. L'initiative est portée par une volonté continue d'approfondissement de la filière : l'accord-cadre signé entre le Ministère de l'Ecologie et A.D.I.VALOR vise un taux de collecte supérieur à 75% en 2015.

La Ferme France est ainsi exemplaire dans la gestion de ses déchets phytopharmaceutiques ; c'est une illustration concrète du « produire mieux » qui doit apporter une valeur ajoutée à la production de l'agriculture française.

Plus d'informations : www.adivalor.fr

Annexe - Encadré :

Le document publié dans les années 80 lors de la campagne « Agriculteurs, pensez sécurité », sous l'égide de l'Association de la « Protection des Plantes et Environnement », préconisait alors de brûler les emballages combustibles et enterrer les emballages métalliques !

Approuvé par le Service de la Protection des Végétaux, le dépliant rappelait les dispositions réglementaires alors en vigueur.

PENSEZ SECURITE, PRESEVEZ L'ENVIRONNEMENT

L'élimination correcte des emballages vides constitue le dernier acte de la bonne utilisation des produits phytosanitaires.

Pensez sécurité

- En aucun cas les emballages ne doivent pouvoir être réemployés.
- En aucun cas ils ne doivent être abandonnés dans la nature.
- En attendant leur destruction les emballages vides doivent être tenus hors de portée des enfants ou des animaux et à l'écart des aliments et boissons de toute nature.
- N'attendez pas d'être submergé d'emballages pour les détruire.

Pensez responsabilité

- Ne craquez pas de fatigue, n'en faites pas courir aux autres...
- Votre responsabilité morale et civile serait engagée en cas d'accident!
- Quelques gestes simples permettent d'éliminer les emballages vides conformément à la réglementation.

COMBUSTIBLES

Sans en papier, toile, tissu, plastique, carton, caisses

- 1 vider.** soigneusement les emballages dans la cuve du pulvérisateur ou de l'appareil d'épandage. Attention aux poussières. Porter un masque.
- 2 brûler.** Prévoir un grand feu de manière à assurer une combustion complète. Le situer à une distance suffisante des habitations ou des lieux de passage. Attention aux risques d'incendie (respecter les interdits locaux éventuels). Ne pas respirer les fumées, tenir compte du vent.

COMBUSTIBLES

Bidons en matière plastique (sauf PVC)

- 1 bien vider.** Laisser égoutter 30 secondes au-dessus de la cuve.
- 2 bien rincer.** trois fois au moins. Les eaux de rinçage doivent être versées dans la cuve du pulvérisateur.
- 3 brûler.** Prévoir un grand feu de manière à assurer une combustion complète. Le situer à une distance suffisante des habitations ou des lieux de passage. Attention aux risques d'incendie (respecter les interdits locaux éventuels). Ne pas respirer les fumées, tenir compte du vent.

NON COMBUSTIBLES

Emballages métalliques (et éventuels PVC)

- 1 bien vider.** les emballages dans la cuve du pulvérisateur ou de l'appareil d'épandage. Attention aux poussières. Porter un masque.
- 2 bien rincer.** trois fois au moins. Les eaux de rinçage doivent être versées dans la cuve du pulvérisateur.
- 3 rendre inutilisable.** Perforer les emballages et les écraser (sauf aérosols).
- 4 stocker.** en attendant la collecte par le tracteuriste ou toute autre collecte éventuellement organisée (interroger le maire), soit : **enterrer** les emballages métalliques à plus de 50 mètres d'un point d'eau. Reboucher proprement le trou.

ATTENTION Ne brûler que des emballages vides, jamais des produits.

Tous interdits, notamment dans ce domaine, sont conformes à la réglementation en vigueur en France. Pour les connaître, voir les notices des produits, mais aussi consulter les sites internet qui le disent et surtout respecter les interdits particuliers à chaque cas et les réglementations locales éventuelles.

ELIMINEZ VOS EMBALLAGES VIDES DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES



CONCLUSION DE LA SÉANCE SUR LES BONNES PRATIQUES PHYTOPHARMACEUTIQUES

par Jean-Louis **Bernard**¹

En introduction, notre consœur Catherine **Regnault-Roger** a précisé que cette séance avait pour objectif de lutter contre la désinformation médiatique en rétablissant une vérité basée sur des faits, sur la connaissance scientifique et sur la raison.

Après l'audition des quatre exposés qui viennent de se succéder, je pense que nous devons saluer cette belle continuité d'opérations concrètes concernant la santé des personnes et la qualité de l'environnement, opérations menées contre vents et marées depuis plus de quinze ans par les professionnels de la protection des plantes, la distribution, les organisations agricoles et les agriculteurs eux-mêmes.

Jean-Charles **Bocquet** et Julien **Durand-Réville** nous ont remémoré, entre autres, que pour minimiser les risques pour la santé humaine, il fallait s'attacher d'une part, à réduire le niveau de danger intrinsèque que chacune des solutions de phytoprotection peut receler et, d'autre part, travailler à minimiser l'exposition des personnes, au premier rang desquelles les utilisateurs de ces solutions.

Le premier de ces aspects a été évoqué par notre Académie lors d'une récente séance sur les ravageurs. Rappelons par exemple que le monde des insecticides, généralement désigné comme le plus inquiétant au plan de la toxicité directe, s'est totalement transformé au cours de la dernière décennie. Dans la France de 2014, 61% des substances phytopharmaceutiques de ce type possédaient une DL50 orale inférieure à celle de l'aspirine. Diminuer les dangers n'est donc pas une idée en l'air mais bien une orientation concrète et très volontariste de la recherche créative.

Rappelons aussi l'existence du règlement européen REACH qui s'est proposé en 2006 de sécuriser la fabrication et l'utilisation de l'ensemble des 104 000 substances chimiques de toutes natures mises sur le marché européen. Sur cette multitude, les quelques 30 000 substances chimiques fabriquées ou importées à raison de plus d'une tonne par an seront enregistrées d'ici à 2018. Progressivement, leur profil simple en matière de toxicologie et d'écotoxicologie est donc établi et les molécules jugées inacceptables seront retirées. Le petit millier de substances phytopharmaceutiques incluses dans ce dispositif représente de loin le groupe de substances le mieux connu, le plus étudié, et celui dont le profil écotoxicologique est approfondi de très longue date.

André **Fougeroux** a présenté ensuite l'expérience du réseau des fermes Agéris mis en place par Syngenta depuis près de quinze années. Parmi ses grands enseignements, on peut retenir qu'il a démontré comme parfaitement possible de minimiser les pollutions du milieu aquatique au moyen d'aménagements simples et de dispositifs gérables au niveau d'un agriculteur. Que s'attacher aux installations à la ferme et à la chaîne des pratiques de mise en œuvre des produits phytopharmaceutiques permet de réduire considérablement le risque opérateur. Qu'il est possible d'augmenter très fortement la biodiversité sur une exploitation agricole en jouant prioritairement sur la diversification botanique de son territoire. Pour le grand public et les exploitants eux-mêmes, le réseau Agéris a servi à révéler la richesse floristique et faunistique d'étendues cultivées précédemment perçues comme de simples espaces dédiés à la production.

Enfin, Remi **Haquin** a décrit pour nous la saga de l'association ADIVALOR² succès remarquable d'une initiative des industriels de la protection des plantes, aussitôt rejoints par la distribution et les

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Secrétaire de la section 9.
C.R.Acad. Agric. Fr., 2015, 101, n°.

organisations professionnelles agricoles. Depuis 2001, le réseau ainsi constitué organise la récupération et la valorisation des emballages de produits phytopharmaceutiques et des produits non utilisables (PPNU). Il étend même ses compétences aux emballages d'engrais, aux films plastiques agricoles, aux sacs en papier, à la ficelle, aux EPI hors d'usage, etc...

Pour ma part, je voudrais saluer l'immense effort de ce réseau qui a permis de nettoyer nos granges, nos greniers ou nos caves de la plus grande part des très vieux produits périmés de longue date, le plus souvent dégradés. Les quantités accumulées depuis le début du XX^e siècle étaient estimées en 2001 à plus de 10 000, voire 12 000 tonnes. La plus grande partie de ce stock a depuis lors été collectée et sélectivement détruite. Sa résorption évite ainsi des abandons dans le milieu ou l'introduction de déchets dangereux dans la collecte des ordures ménagères.

Avec ADIVALOR, nous avons donc le parfait exemple du succès d'une initiative volontaire, exemplaire, en avance sur la quasi-totalité des pays européens. *In fine*, et c'est le privilège du dernier orateur de la journée, je voudrais formuler trois vœux. Ils ne sont que l'expression d'une personne isolée mais le fruit d'une longue expérience dans le domaine de la protection des cultures.

Je souhaite vivement la **poursuite des travaux** en cours dans trois domaines en particulier :

- La mise en évidence de nouvelles solutions de protection des cultures à l'efficacité vérifiée, gérables par l'agriculteur et ce, qu'elles proviennent de la chimie, de la biologie ou de la génétique. Si on fait reposer une telle recherche sur des *a priori* idéologiques, elle ne générera pas un nombre suffisant de solutions efficaces capables de garantir notre sécurité alimentaire ;

- La maîtrise des pollutions, la gestion et la valorisation des déchets : l'extension positive de l'expérience ADIVALOR nous donne aujourd'hui une piste à suivre ;

- L'évaluation des paramètres-clés de la biodiversité sur les territoires agricoles.

Il est vital ensuite que les connaissances acquises soient concrètement **mises en harmonie au niveau des fermes**. L'agriculteur n'est certes pas demandeur de règles ou de normes nouvelles. Mais il souhaite accéder à une compréhension véritable des phénomènes biologiques, de la genèse des impacts environnementaux et des risques pour l'applicateur, de la valeur et des limites d'une nouvelle technique de protection... Cette compréhension de la réalité fait qu'il devient alors capable d'évoluer rapidement car il y trouve son intérêt.

J'appelle enfin de mes vœux l'**accroissement des collaborations entre secteur public et secteur privé**, collaborations qui, chez nous, ne vont pas toujours de soi.

C'est en suivant ces voies que nous pouvons espérer éviter la dispersion des efforts des individus et des associations, la dilution des ressources financières, tout autant celles qui proviennent de moyens publics que de l'investissement des structures économiques.

C'est aussi en suivant ces voies que nous pouvons espérer minimiser la cacophonie médiatique et la désinformation qui reposent toutes deux sur des éléments tronqués, mal interprétés, et non pas sur une connaissance scientifique solidement bordée.

² Agriculteurs, Distributeurs, Industriels pour la VALORisation des déchets agricoles.

LA SANTÉ DES FORÊTS : NOUVEAUX RISQUES BIOTIQUES INDUITS PAR LES CHANGEMENTS GLOBAUX ET COMMENT Y FAIRE FACE

Séance organisée par Marie-Laure **Desprez-Lousteau**¹

Le changement climatique déjà en cours et à venir induit des déplacements des aires de répartition des bioagresseurs, mais aussi modifie les interactions avec les arbres hôtes dont la phénologie et la physiologie sont impactées par ce changement. Par ailleurs, la mondialisation des échanges favorise l'introduction de nouveaux bio-agresseurs dont les conséquences sur la santé des forêts peuvent être lourdes. Ces nouveaux risques doivent être appréhendés dans une perspective écosystémique, dans laquelle la résilience des fonctions de la forêt et des biens et services qu'elle produit est privilégiée.

L'objectif de la séance est de présenter des recherches récentes et en cours sur les facteurs d'émergence de nouveaux risques biotiques en forêt liés aux changements globaux, sur quelques voies possibles à différents niveaux pour maîtriser leur impact, et sur une approche économique des stratégies de prévention.

NOUVEAUX RISQUES BIOTIQUES POUR LES FORÊTS INDUITS PAR LES CHANGEMENTS GLOBAUX

par Benoit **Marçais**²

La forêt est soumise à des changements rapides liés en particulier à la modification des cortèges parasitaires sous l'effet des invasions biologiques et de l'évolution du climat. L'émergence de plusieurs problèmes parasitaires sous l'effet du réchauffement climatique a pu être documentée et le cas des pins confrontés à la chenille processionnaire, à la maladie des bandes rouges et au *Sphaeropsis* sera développé. En parallèle, l'arrivée de bio-agresseurs exotiques reste une forte menace pour nos forêts et peut brutalement remettre en cause l'utilisation de certaines de nos essences comme le frêne confronté à la chalarose.

Ces problèmes sanitaires sont d'autant plus préoccupants qu'ils restent très difficiles à prévoir et que leur action limite le panel d'essences utilisables en forêt, réduisant de ce fait nos capacités d'adaptation aux changements globaux.

Toutefois, l'écosystème montre une résilience importante et l'histoire passée des invasions montre que certains cas jugés très inquiétant par les forestiers au moment de l'invasion biologique ont ultérieurement eu des conséquences beaucoup moins néfastes qu'attendues comme le montre les cas de l'oïdium du chêne, du chancre du châtaignier et de du *Phytophthora* de l'aulne.

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Associate Editor, Forest Pathology, INRA, UMR Biogeco.

² Directeur de Recherche, INRA–Nancy.
C.R.Acad. Agric. Fr., 2015, 101, n°3.

PEUT-ON SÉLECTIONNER LES ARBRES FORESTIERS POUR LA RÉSISTANCE AUX BIOAGRESSEURS ?

par Catherine **Bastien**¹

Les écosystèmes forestiers, qu'ils soient faiblement anthropisés ou issus de plantations à vocation industrielle, sont exposés à des risques biotiques croissants associés au changement climatique mais aussi à la croissance continue d'échanges commerciaux à l'échelle planétaire.

L'évolutivité des populations d'arbres à ces contraintes difficiles à prédire repose sur la variabilité génétique disponible pour différents mécanismes de résistance au sein des populations naturelles. Ainsi, d'importants efforts de recherche ont été déployés ces cinq dernières décennies pour une meilleure connaissance des composantes génétiques, environnementales et d'interaction entre gènes et milieux de différentes formes de réponse des arbres aux bioagresseurs. Des études en génomique des populations plus récemment développées sur les arbres-hôtes et quelques-uns de leurs ravageurs associés ont permis de préciser la structuration géographique de différentes formes de résistance et la fréquence de variants moléculaires associés à ces phénotypes.

En parallèle, la prise en compte de ces risques biotiques dans les programmes d'amélioration génétique d'espèces économiques évolue. Les efforts de sélection initialement dirigés vers la résistance spécifique à quelques ravageurs autochtones à fort impact économique, semblent se tourner aujourd'hui vers la recherche d'une meilleure résilience des peuplements forestiers à des perturbations inconnues. Il est toutefois difficile de connaître le poids relatif donné aux prédicteurs de cette résilience dans la sélection multicaractère pratiquée. Les succès et échecs reportés en matière de sélection de variétés forestières améliorées plus résistantes aux bioagresseurs posent eux aussi la question de la durabilité des résistances. Leur analyse souligne plus que jamais la nécessité d'un phénotypage de qualité associant scientifiques de plusieurs disciplines et combinant variabilité environnementale et diversité génétique des bioagresseurs.

Si la sélection, naturelle ou artificielle, pour une plus grande résistance aux bioagresseurs est avant tout une sélection individuelle sur des phénotypes complexes, la contribution des programmes de sélection à une meilleure résilience des peuplements forestiers doit s'appuyer sur une meilleure compréhension des réponses des populations déployées au niveau du paysage.

¹ Directrice de Recherche, INRA-Orléans.

DIVERSITÉ DES FORÊTS ET RÉSISTANCE AUX INSECTES RAVAGEURS

par Hervé Jactel¹

1. Introduction

L'histoire récente des forêts montre une tendance continue de destruction des forêts naturelles, avec un rythme actuel d'environ 7 millions d'ha perdus chaque année (FAO 2015). Sur la même période, les surfaces de forêt de plantation, essentiellement des monocultures, ont augmenté à un rythme d'environ 4 millions d'ha par an (Brockerhoff *et al.* 2013). La progression la plus forte est enregistrée dans les pays émergents, notamment en Chine (+2 millions ha/an) et au Brésil (+300 milles ha/an). Cette double tendance conduit à une réduction globale de la diversité des essences forestières dans le monde, où quatre genres (Pinus, Eucalyptus, Acacia et Tectona) fourniront la moitié des approvisionnements en bois d'ici 2050 (FAO 2007). En France l'Inventaire Forestier National estime que 51% de la forêt française est constituée de peuplements monospécifiques (soit 7.3 millions d'ha, IFN 2013). La forêt des Landes de Gascogne, principalement constituée de peuplements purs de Pin maritime, couvre à elle seule un million d'hectares, constituant la plus grande forêt de plantation en Europe.

Parallèlement, avec le changement climatique, les forestiers craignent un accroissement des problèmes phytosanitaires en forêt. Les insectes ravageurs pourraient en effet bénéficier d'un accroissement des températures pour multiplier le nombre de générations annuelles ou accélérer leur développement tandis que les arbres souffriraient davantage des stress hydriques ou des cataclysmes météorologiques comme les tempêtes, le tout conduisant à une recrudescence des pullulations (Schelhaas *et al.* 2003; Rouault *et al.* 2006 ; Jactel *et al.* 2012).

Or depuis longtemps les forestiers considèrent que les forêts mélangées sont moins exposées aux risques sanitaires que les forêts pures. Ainsi, dès 1828, le professeur de sylviculture allemand von Cotta déclare que "...comme les espèces d'arbres n'utilisent pas les ressources de la même manière, la croissance est plus vive dans les peuplements mélangés et ni les insectes ni les tempêtes ne peuvent y faire autant de dégâts, de sorte qu'une plus grande diversité de produits forestiers est disponible pour satisfaire aux diverses demandes" (traduit de Scherer-Lorenzen *et al.* 2005). Barthod (1994) cite de nombreux autres précis de sylviculture du 19^{ème} et 20^{ème} siècles qui affirment généralement qu'il faut donner la préférence aux peuplements mélangés pour réduire les dégâts d'insectes. De même Gibson et Jones (1977), Watt (1992), Landmann (1998), Wainhouse (2005) rapportent de nombreux exemples de problèmes sanitaires importants dans les forêts pures. Plus récemment une gigantesque pullulation du scolyte *Dendroctonus ponderosae* a frappé les forêts de Colombie britannique, majoritairement composées de Pin contorta, détruisant plus de 16 millions d'ha et un milliard de m³ en l'espace d'une dizaine d'années. Ces auteurs indiquent cependant qu'il est difficile de séparer l'effet de la simplification de la composition en essences forestières d'autres effets comme l'intensification des pratiques sylvicoles, le recours à des espèces exotiques, les mauvais choix stationnels, etc.

Pour essayer d'éclaircir ces questions le groupe d'entomologie forestière de l'INRA à Bordeaux (umr BIOGECO) a donc décidé, au début des années de 2000, de concentrer ses efforts de recherche sur la question des relations entre diversité spécifique des forêts et résistance aux insectes ravageurs. Le premier objectif était de quantifier l'effet de cette diversité sur les niveaux de dégâts d'insectes et le deuxième objectif était de décrypter les mécanismes écologiques sous-jacents pouvant expliquer cette "résistance par association" végétale (Barbosa *et al.* 2009) afin d'en tirer les enseignements nécessaires à une amélioration de la gestion forestière pour la prévention des risques sanitaires.

¹ Directeur de Recherche INRA-Bordeaux.

2. Comparaison des dégâts d'insectes ravageurs entre forêts pures et mélangées

Dans une méta-analyse des publications scientifiques parues entre 1966 et 2006, nous avons rassemblé 119 études (dont 41 en Europe) dans lesquelles les niveaux moyens de dégâts causés par une espèce donnée d'insecte ravageur sur une essence forestière particulière étaient comparés dans des peuplements purs ou mélangés, dans une même région et pendant la même période. Cette analyse qui concerne au total 33 espèces d'insectes et 33 espèces d'arbres, révèle que dans près de 80% des cas une essence forestière gérée en peuplements purs est significativement plus attaquée par les insectes herbivores qu'en peuplements mélangés (Jactel et Brockerhoff 2007). En 2013 nous avons actualisé cette méta-analyse en nous focalisant sur les comparaisons entre peuplements purs et peuplements avec deux essences en mélange (90% des publications entre 1960 et 2012). Nous avons pu confirmer la meilleure résistance des forêts mélangées mais nous avons aussi démontré que l'effet du mélange varie avec la spécificité des insectes ravageurs (Castagneyrol *et al.* 2014a). Les insectes monophages (ou spécialistes) sont ceux qui se développent aux dépens d'essences appartenant au même genre, les oligophages peuvent attaquer des espèces de plusieurs genres dans la même famille alors que les polyphages (ou généralistes) peuvent se nourrir d'arbres de plusieurs familles botaniques. Il apparaît alors que la réduction des dégâts de monophages est de 42% dans les forêts mélangées, de 15% pour les oligophages mais qu'elle est négligeable pour les polyphages.

Nous avons récemment complété cette analyse bibliographique par une vaste étude empirique menée à l'échelle de l'Europe. Dans le cadre du projet FunDivEurope, nous avons échantillonné un total de 214 forêts matures, dans six régions couvrant les biomes méditerranéen, tempéré et boréal. Ces forêts ont été sélectionnées pour s'inscrire, dans chaque région, le long d'un gradient de diversité spécifique, partant des monocultures et finissant par le mélange de toutes les espèces. L'analyse des défoliations sur 11 essences feuillues dominantes montre une diminution significative des dégâts avec l'augmentation du nombre d'essences dans le mélange, avec une réduction de l'ordre de 30% entre la monoculture et le mélange à 5 espèces (Guyot *et al.* 2016).

Ainsi, pour prendre quelques exemples d'insectes ravageurs du pin maritime, nous avons observé que la cochenille *Matsucoccus feytaudi*, strictement inféodée au pin maritime, présente des niveaux de populations moins élevés en Corse (d'environ 50%) dans les peuplements mixtes avec du pin laricio que dans les peuplements purs de pin maritime (Jactel *et al.*, 2006). Nous avons aussi constaté une diminution de l'ordre de 50% de la probabilité d'attaque du pin maritime par la processionnaire du pin, *Thaumetopea pityocampa*, dans les mélanges avec du bouleau (*Betula pendula*) (Castagneyrol *et al.* 2014b). Enfin récemment nous étudions étudié le cynips du châtaignier (*Dryocosmus kuriphilus*), espèce exotique envahissante originaire de Chine, et démontré que les mélanges châtaigniers - chênes présentaient des dégâts deux fois moins importants que les châtaigneraies pures (Guyot *et al.* 2015).

En revanche, l'effet de la diversité des essences forestières sur les attaques d'insectes polyphages peut être négatif, avec une augmentation des dégâts en peuplements mélangés. Le bombyx disparate, *Lymantria dispar*, est l'un des ravageurs forestiers les plus polyphages, capable de consommer le feuillage de centaines d'espèces de feuillus mais aussi de conifères. Des études menées aux États-Unis, où l'insecte a été introduit au siècle dernier et où il commet des dégâts considérables, ont montré que les pins sont moins attaqués par *L. dispar* en peuplements purs qu'en peuplements mixtes de pins et de chênes (Gottschalk et Twery, 1989).

3. Les mécanismes écologiques qui expliquent la relation entre diversité et résistance des forêts aux insectes ravageurs

Pour une espèce d'arbre donnée, l'intérêt de la gérer en peuplements mixtes plutôt qu'en peuplements purs pour réduire le risque sanitaire peut être expliqué par deux mécanismes principaux: la réduction de l'accessibilité des arbres hôtes et le renforcement de l'impact des ennemis naturels.

3.1. L'accessibilité des arbres hôtes

Le mélange d'une essence « objectif », la plus intéressante au plan économique par exemple, avec des essences associées, conduit en général à l'établissement d'un certain nombre de barrières à la colonisation de cette essence par les insectes herbivores (Jactel *et al.*, 2005).

La première barrière est de type quantitatif, elle correspond à une plus faible probabilité d'infestation. Pour une surface donnée de peuplement, l'augmentation du nombre d'essences associées dans l'étage dominant

diminue le nombre d'arbres de l'essence objectif. La ressource qu'ils représentent est plus limitée, réduisant les capacités de développement des insectes qui en dépendent. Nous avons ainsi montré une diminution significative des niveaux d'infestation par la cochenille du pin maritime *M. feytaudi* avec la diminution de la proportion de pin maritime dans les peuplements mélangés avec du Pin laricio de Corse (Jactel *et al.* 2006). Plus récemment nous avons proposé une nouvelle façon de quantifier la ressource alimentaire disponible dans un peuplement mélangé. Nous avons pour cela considéré que des essences associées à l'essence principale (focale) pouvaient être utilisées comme ressources secondaires par les insectes en fonction de leur degré de polyphagie et en fonction de la distance phylogénétique entre ces essences et l'essence focale. Tenant compte de ces deux critères nous avons estimé un pourcentage de ressources totales (égal à 100% dans les monocultures de l'essence focale) et montré que les niveaux de dégâts des ravageurs diminuent significativement avec ce pourcentage de ressource dans les peuplements mélangés, et cela aussi bien pour les insectes monophages, oligophages que polyphages (Castagneyrol *et al.* 2013a).

Un deuxième type de barrière, de type physico-chimique, est apporté par les essences associées et limite les capacités de localisation puis de colonisation des arbres hôtes. Pour les insectes herbivores qui repèrent visuellement leurs arbres hôtes, le mélange d'essences peut contribuer à les masquer. Ainsi les papillons femelles de processionnaire du pin sont connus pour se diriger vers la silhouette sombre des pins se détachant sur un fond clair afin d'y déposer leurs œufs (Démolin 1969). Nous avons réalisé plusieurs expériences en forêt des Landes pour étudier l'effet de la présence d'essences feuillues sur ce comportement de colonisation de l'arbre hôte. Nous avons tout d'abord montré que la présence d'une haie de feuillus en bordure de plantation de pin maritime diminue très significativement le nombre de pins infestés par la processionnaire derrière la haie et que cet effet est d'autant plus important que la haie est haute (Dulaurent *et al.* 2012). Nous avons ensuite suivi les dégâts de processionnaire sur notre dispositif ORPHEE (du réseau international TreeDivNet, <http://www.treedivnet.ugent.be/>) où nous comparons la croissance et la résistance de 5 essences forestières natives de la forêt aquitaine en monocultures ou en mélanges de 2 à 5 espèces (26 mélanges). Nous avons là encore observé une réduction significative du pourcentage de pins maritimes attaqués par la processionnaire dans les mélanges avec du bouleau, qui est en moyenne plus haut que le pin, mais pas dans les mélanges avec du chêne qui, poussant moins vite, est en moyenne beaucoup moins grand que le pin (Castagneyrol *et al.* 2014b). Plus généralement l'encombrement spatial produit par des essences non-hôtes au voisinage d'essences hôtes peut conduire à une réduction de leur "apparence", c'est à dire de la facilité qu'ont les insectes herbivores à les repérer pour les attaquer, réduisant le taux de dégâts comme nous l'avons observé dans le cas de régénérations de chêne pédonculé (Giffard *et al.* 2012, Castagneyrol *et al.* 2013b).

De nombreuses espèces d'insectes utilisent aussi l'odeur des plantes hôtes pour les identifier et les infester, comme les scolytes des conifères qui perçoivent les composés terpéniques émis par les arbres. Or un nombre croissant d'études démontrent que ces scolytes peuvent aussi capter les odeurs d'essences non hôtes (feuillus) et utiliser ce signal pour éviter des habitats défavorables. Ainsi nous avons montré que l'émission d'odeurs de bouleau permet de réduire le pourcentage de billons de pin maritime attaqué par le scolyte sténographe, *Ips sexdentatus* (Jactel *et al.* 2001). Les forêts mélangées, présentant une plus grande diversité de composés olfactifs, seraient donc moins sujettes aux pullulations de scolytes (Zhang et Schlyter, 2004). Nous avons cherché à vérifier cette hypothèse dans le cas de la processionnaire du pin. En plaçant des branches coupées de bouleau au pied de pins maritimes nous avons obtenu une réduction significative du nombre d'attaques par la processionnaire. L'utilisation de méthodes neurophysiologiques a permis de montrer que les antennes des papillons de processionnaire sont capables de détecter des composés volatils organiques émis par les arbres hôtes (pins) mais aussi non-hôtes (feuillus). Nous avons ainsi identifié le composant majoritaire de l'huile essentielle de bouleau, le méthyle salicylate, comme étant un puissant répulsif de la processionnaire du pin (Jactel *et al.* 2011). Là encore les résultats de la méta-analyse sur les insectes herbivores (Jactel et Brockerhoff, 2007) semblent corroborer ces hypothèses puisque, en moyenne et pour les insectes oligophages, la réduction des niveaux de dégâts dans les peuplements mélangés est deux fois plus importante quand ces mélanges associent des feuillus et des résineux, aux émissions d'odeurs plus contrastées, que lorsqu'ils associent seulement des résineux ou seulement des feuillus.

3.2. L'impact des ennemis naturels

La deuxième raison majeure pour laquelle les forêts mélangées sont généralement moins exposées aux risques sanitaires est qu'elles offriraient des meilleures conditions de survie et de développement aux

ennemis naturels des insectes ravageurs, permettant donc un contrôle biologique plus efficace de ces bioagresseurs (Jactel *et al.*, 2005).

Il est largement reconnu que la diversité des insectes augmente avec celle des plantes et nous avons récemment confirmé que ces corrélations se maintiennent au travers des cascades trophiques, puisque la richesse spécifique en insectes herbivores mais aussi en prédateurs augmente avec la richesse en plantes (Castagneyrol et Jactel 2012). Dans les forêts les plus riches en espèces arborées, les prédateurs et les parasitoïdes, s'ils ne sont pas eux-mêmes trop spécialistes, disposent donc en principe d'une plus grande diversité et abondance d'hôtes ou de proies de substitution permettant de maintenir des populations stables en attendant de se reporter sur l'insecte ravageur. Ainsi la punaise anthocoride *Elatophilus nigricornis* est naturellement prédatrice de la cochenille du pin laricio, *Matsucoccus pini*, en Corse mais elle peut aussi s'attaquer à la cochenille du pin maritime, *M. feytaudi*, récemment introduite dans l'île. Dans des conditions stationnelles analogues, le pin maritime s'avère moins infesté par *M. feytaudi* dans les forêts mixtes de pin maritime et de pin laricio, où la punaise prédatrice est également plus abondante, laissant supposer un contrôle biologique plus efficace dans les peuplements mélangés (Jactel *et al.*, 2006). De même en manipulant la prédation avienne avec des cages d'exclusion, nous avons démontré que les oiseaux insectivores sont capable de réduire de façon significative les dégâts d'insectes sur les feuilles de chênes installés sous couvert de pin maritime (Giffard *et al.* 2012, 2013). Enfin les dégâts réduits de cynips du châtaignier dans les peuplements mélangés avec du chêne pourraient s'expliquer par la capacité de parasitoïdes de cynips du chêne à changer d'hôte et se porter sur l'espèce invasive (Aebi *et al.*, 2007).

Les forêts mixtes pourraient également fournir des ressources alimentaires de complément aux ennemis naturels des insectes. Ainsi le miellat produit par les pucerons est une source essentielle de glucides pour les insectes parasitoïdes et les forêts mélangées semblent fournir un meilleur apport de miellat car les différentes espèces d'arbres qui les composent hébergent à leur tour différentes espèces de pucerons qui diffèrent par leur qualité et par leur période de production. Nous avons testé cette hypothèse sur deux insectes parasitoïdes des œufs de la processionnaire du pin en les alimentant au laboratoire avec du miellat de pucerons du pin et du chêne. Dans les deux cas nous avons réussi à multiplier par 10 la durée de vie des parasitoïdes, permettant notamment au parasitoïde généraliste *Ooencyrtus pityocampae* de survivre jusqu'à l'apparition des premières pontes de processionnaire (Dulaurent *et al.*, 2011). Nous avons observé les mêmes effets du miellat de puceron sur l'accroissement de la longévité de *Macrocentrus sylvestrellae*, le principal insecte parasitoïde de la pyrale du tronc, *Dioryctria sylvestrella*, dont le taux de parasitisme augmente à proximité de peuplements de feuillus (Jactel *et al.*, 2003).

Les forêts mélangées présentent aussi une plus grande diversité structurale et un plus grand nombre de micro-habitats, offrant donc davantage de refuges ou d'abris potentiels aux ennemis naturels pour se protéger contre des conditions climatiques adverses ou pour se reproduire. Nous avons ainsi montré que la huppe fasciée *Upupa epops*, un important prédateur des chrysalides de processionnaire du pin, se maintient préférentiellement dans les forêts de pin maritime dans lesquelles subsistent des bosquets de vieux chênes où elle trouve les cavités nécessaires à sa nidification (Barbaro *et al.*, 2008).

4. Conclusions

Un nombre croissant de données objectives semblent donc accréditer l'hypothèse d'une plus forte résistance des forêts mélangées aux insectes ravageurs. Pour autant la diversification des forêts ne saurait être vue comme la panacée pour réduire les dégâts sanitaires. Il reste en effet que certaines forêts mélangées sont particulièrement exposées aux risques biotiques (Koricheva *et al.*, 2006, Schuldt *et al.*, 2010) alors qu'il existe des monocultures forestières « chanceuses » qui échappent à ces problèmes. Cette apparente contradiction vient sans doute d'un manque d'analyse des mécanismes écologiques qui sous-tendent la relation entre diversité et résistance des forêts aux ravageurs. En testant l'hypothèse que les forêts mélangées sont moins sensibles à ces bioagresseurs car leurs arbres hôtes sont moins accessibles et leurs ennemis naturels plus efficaces nous avons relevé deux points importants : i) la composition de l'assemblage des essences forestières dans les mélanges est plus importante que le nombre d'espèces d'arbres associées, ii) l'intensité et le signe (positif ou négatif) de l'effet de la diversité des forêts sur la résistance aux insectes dépend du degré de spécialisation trophique de ces agents biotiques.

En résumé l'association d'autres essences hôtes à une essence objectif peut accroître son risque d'infestation par les ravageurs polyphages. A l'inverse l'addition d'une grande proportion d'essences non hôtes, différant

largement, par leurs caractéristiques biologiques, de l'essence objectif conduit à une réduction sensible des infestations par les herbivores monophages ou oligophages. Ce plus important contraste "fonctionnel" entre essence objectif et essences associées est attendu d'essences phylogénétiquement plus éloignées.

Bien entendu ces suggestions ne valent que pour la limitation du risque sanitaire, elles ne considèrent pas l'effet de l'assemblage des essences forestières sur leur croissance et donc la production de biomasse par les forêts mélangées. Certaines associations peuvent en effet conduire à des situations de compétition pour la ressource entre espèces d'arbres ou au contraire à des phénomènes de facilitation ou de complémentarité, produisant des effets contrastés sur la productivité. Ces suggestions n'intègrent pas davantage les problèmes sylvicoles et économiques soulevés par la gestion des essences forestières en mélange. Une approche globale devrait donc être initiée, associant écologues, sylviculteurs et économistes, afin de mesurer les effets positifs et négatifs du mélange d'essences forestières pour la croissance des arbres, pour leur résistance aux ravageurs ou pour d'autres fonctions écosystémiques mais aussi pour la gestion sylvicole des peuplements, afin de trouver le meilleur compromis dans une perspective de gestion durable.

5. Remerciements:

L'ensemble des résultats présentés dans cette synthèse sont issus de travaux menés en collaboration avec Luc Barbaro, Eckehard Brockerhoff, Bastien Castagneyrol, Marc Deconchat, Anne-Maïmiti Dulaurent-Mercadal, Brice Giffard, Virginie Guyot, Inge van Halder, Pierre Ménassieu, Dominique Piou, Aude Vuilatte, et Fabrice Vetillard.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Aebi, A., Schönrogge, K., Melika, G., Quacchia, A., Alma, A., & Stone, G. N. (2007). Native and introduced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO bulletin*, 37(1), 166-171.
- (2) Barbaro, L., Couzi, L., Bretagnolle, V., Nezan, J., & Vetillard, F. (2008). Multi-scale habitat selection and foraging ecology of the eurasian hoopoe (*Upupa epops*) in pine plantations. *Biodiversity and Conservation*, 17(5), 1073-1087.
- (3) Barthod, C. (1994). Sylviculture et risques sanitaires dans les forêts tempérées - 1ère partie. *Revue Forestière Française*, 46, 609-628.
- (4) Brockerhoff, E.G., Jactel, H., Parrotta, J.A., Ferraz, S.F.B. 2013. Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. *Forest Ecology and Management*, 301, 43-50
- (5) Castagneyrol, B., Jactel, H. 2012. Unravelling plant-animal diversity relationships: a meta-regression analysis. *Ecology*, 93, 2115-2124
- (6) Castagneyrol B., Giffard B., Péré C., Jactel H. 2013. Plant apparency, an overlooked driver of associational resistance to insect herbivory. *Journal of Ecology* 101: 418-429
- (7) Castagneyrol, B., Jactel, H., Vacher, C., Brockerhoff, E.G., Koricheva, J. 2014. Effects of plant phylogenetic diversity on herbivory depend on herbivore specialization. *Journal of Applied Ecology*, *Journal of Applied Ecology*, 51, 134-141
- (8) Démolin G., 1969. Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion Spatiale, importance écologique. *Annales des Sciences forestières*, vol 26, n°1, pp 81-102.
- (9) Dulaurent, A. M., Rossi, J. P., Deborde, C., Moing, A., Menassieu, P., Jactel, H. 2011. Honeydew feeding increased the longevity of two egg parasitoids of the pine processionary moth. *Journal of Applied Entomology*, 135, 184-194.
- (10) Dulaurent A.-M., Porté A.J., van Halder I., Vétillard F., Menassieu P. & Jactel H. 2012. Hide and seek in forests: visual selection of host trees by the pine processionary moth is impeded by the presence of non-host trees. *Agricultural and Forest Entomology*, 14, 19-27
- (11) FAO (2015). *Forest Global Assessment 2015*, <http://www.fao.org/forest-resources-assessment>
- (12) Gibson, I.A.S. & Jones, T.M. (1977). Monoculture as the origin of major pests and diseases. In: *Origins of pest, parasite, disease and weed problems*. (eds Cherrett, J.M. & Sagar G.R.). 8th

- Symposium of the British Ecological Society, Bangor, April 12–14 1976, Blackwell Scientific Publication, Oxford, pp. 139–161
- (13) Giffard B, Corcket E, Barbaro L, Jactel H. 2012. Bird predation enhances tree seedling resistance to insect herbivores in contrasting forest habitats. *Oecologia* (168), 415-424
 - (14) Giffard, B., Jactel, H., Corcket, E., Barbaro, L. 2012. Influence of surrounding vegetation on insect herbivory: A matter of spatial scale and herbivore specialisation. *Basic and Applied Ecology*, 13, 458-465
 - (15) Giffard, B., Barbaro, L., Jactel, H., Corcket, E. 2013. Plant neighbours mediate bird predation effects on arthropod abundance and herbivory. *Ecological Entomology*, in press
 - (16) Gottschalk, K.W. & Twery, M.J. (1989). Gypsy moth in pine-hardwood mixtures. In: Pine-hardwood mixtures: a symposium on management and ecology of the type. (ed. Waldrop, T.A.), USDA Forest Service General Technical Report SE 58, pp 50–58.
 - (17) Guyot, V., Castagneyrol, B., Vialatte, A., Deconchat, M., Selvi, F., Bussotti, F., & Jactel, H. (2015). Tree diversity limits the impact of an invasive forest pest. *PloS one*, 10(9), e0136469.
 - (18) Guyot, V., Castagneyrol, B., Vialatte, A., Deconchat, M., Jactel, H. (2016) Tree diversity reduces pest damage in mature forests across Europe. *Biology Letters*, *in press*
 - (19) IFN (2007). Richesse et diversité des forêts françaises. http://www.ifn.fr/spip/rubrique.php?id_rubrique=78
 - (20) Jactel, H., Van Halder, I., Menassieu, P., Zhang, Q.H., Schlyter, F. 2001. Non-host volatiles disrupt the response of the stenographer bark beetle, *Ips sexdentatus* (Coleoptera: Scolytidae), to pheromone baited traps and maritime pine logs. *Integrated Pest Management Reviews*. 6: 197-207.
 - (21) Jactel, H., Goulard, M., Menassieu, P., Goujon, G. 2002. Habitat diversity in forest plantations reduces infestations of the pine stem borer *Dioryctria sylvestrella*. *Journal of Applied Ecology*, 39, 618-628
 - (22) Jactel, H., Brockerhoff, E. & Duelli, P. (2005). A test of the biodiversity-stability theory: Meta-analysis of tree species diversity effects on insect pest infestations, and re-examination of responsible factors. In: *Forest Diversity and Function – Temperate and Boreal Systems* (eds Scherer-Lorenzen, M., Körner, C., Schulze, E.-D), Springer Verlag, Ecological studies, vol 176, pp. 235–262.
 - (23) Jactel, H., Brockerhoff, E. 2007. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. *Ecology Letters* 10 (9): 835-848.
 - (24) Jactel, H., Menassieu, P., Vétillard, F., Gaulier, A., Samalens, J.C. & Brockerhoff, E.G. (2006). Tree species diversity reduces the invasibility of maritime pine stands by the bark scale, *Matsucoccus feytaudi* (Homoptera: Margarodidae). *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 314–323.
 - (25) Jactel, H., Birgersson, G., Andersson, S., and Schlyter, F. 2011. Non-host volatiles mediate associational resistance to the pine processionary moth. *Oecologia*, 166, 703-711.
 - (26) Jactel, H; Petit, J; Desprez-Loustau ML; Delzon S; Piou D; Battisti A; Koricheva J (2012) Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis. *Global Change Biology* (18), 267–276
 - (27) Koricheva, J., Vehviläinen, H., Riihimäki, J., Ruohomäki, K., Kaitaniemi, P. & Ranta, H. (2006). Diversification of tree stands as a means to manage pests and diseases in boreal forests: myth or reality? *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 324–336.
 - (28) Landmann, G. 1998. Forest health, silviculture and forest management. In *Problemas sanitarios en los sistemas forestales: de los espacios protegidos a los cultivados rapido*. Ed. R. Montoya. Coleccion Technica. Organismo Autonomo Parques Nacionales. Madrid. 155- 183
 - (29) Rouault, G., Candau, J.N., Lieutier, F., Nageleisen, L.M., Martin, J.C., Warzee, N. 2006. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Annals of Forest Science* 63 (6): 613-624.
 - (30) Schelhaas, M. J., Nabuurs, G. J., & Schuck, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9(11), 1620-1633.
 - (31) Scherer-Lorenzen, M, Korner, C., Schulze, E.D. 2005. The functional significance of forest diversity: the starting point. *Forest Diversity and Function: Temperate and Boreal Systems. Ecological Studies: Analysis and Synthesis*. 176: 3-12
 - (32) Schuldt, A., Baruffol, M., Böhnke, M., Bruelheide, H., Härdtle, W., Lang, A. C., ... & Assmann, T.

- (2010). Tree diversity promotes insect herbivory in subtropical forests of south-east China. *Journal of Ecology*, 98(4), 917-926.
- (33) Wainhouse, D. 2005. *Ecological methods in forest pest management*. Oxford University Press; Oxford; UK
- (34) Watt, A.D. (1992). Insect pest population dynamics: Effects of tree species diversity. In: *The Ecology of Mixed-Species Stands of Trees* (eds Cannell, M.G.R., Malcolm, D.C., & Robertson, P.A.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp 267–275.
- (35) Zhang, Q.H., Schlyter, F. (2004) Olfactory recognition and behavioural avoidance of angiosperm nonhost volatiles by conifer-inhabiting bark beetles. *Agricultural and Forest Entomology*, 6 (1): 1-19.

APPROCHE ÉCONOMIQUE DES RISQUES BIOTIQUES EN FORÊT - EXEMPLE D'ANALYSE DE STRATEGIES DE PRÉVENTION DANS LES LANDES DE GASCOGNE

par Marielle **Brunette**¹ et Sylvain **Caurla**¹

Résumé

Les aléas biotiques représentent une menace majeure pour les propriétaires forestiers. De plus, cette menace devrait se renforcer sous l'effet du changement climatique et de l'activité humaine. L'occurrence d'un aléa biotique génère une surmortalité des arbres sur pieds, une réduction de productivité, une baisse de qualité, et affecte également négativement la fourniture des biens et services non-marchands produits par la forêt (biodiversité, tourisme, récréation, etc), ce qui réduit la rentabilité de l'investissement forestier, et plus généralement la valeur de la forêt. Une approche économique du risque biotique semble alors justifiée. Jusqu'à présent, les outils économiques pour aborder le risque biotique ont été mobilisés principalement de deux façons. Tout d'abord, le calcul économique a permis d'estimer les dégâts liés à l'occurrence de l'aléa. Ensuite, les méthodes d'évaluations ont été mobilisées pour appréhender les pertes de valeurs non-marchandes de la forêt. Cette littérature fait apparaître de nombreuses questions quant à l'échelle de l'analyse, la relation entre occurrence du pathogène et dégâts, les multiples incertitudes, la corrélation potentielle du risque pathogène avec d'autres types de risques, les mesures de couverture existantes, etc. L'objet de cette note est d'aborder cette littérature et d'illustrer la partie couverture des risques biotiques par un travail en cours.

Introduction

Le secteur forestier est exposé à deux types de risques, les risques de marché, lié aux fluctuations du prix du bois, et les risques de production, liés à l'occurrence d'aléas naturels biotiques ou abiotiques. Les aléas biotiques représentent une menace majeure pour les propriétaires forestiers. Entre 1994 et 2005, ces aléas sont responsables de 57% des dommages forestiers en Europe et de 81% des dommages observés en France, hors tempêtes et incendies (Jactel et al., 2012). Cette menace devrait se renforcer encore sous l'effet du changement climatique, notamment via la hausse des températures et l'accroissement en fréquence et en intensité de certains événements naturels. L'activité humaine est, elle aussi, susceptible d'accentuer ces aléas du fait de la mondialisation des échanges et des déplacements de personnes.

L'occurrence d'un aléa biotique génère une surmortalité des arbres sur pieds, une réduction de productivité, une baisse de qualité et donc une réduction des prix, et affecte également négativement la fourniture des biens et services non-marchands produits par la forêt (biodiversité, tourisme, récréation, etc), ce qui réduit la rentabilité de l'investissement forestier, et plus généralement la valeur de la forêt. Une approche économique du risque biotique semble alors justifiée.

¹ Chargés de recherche au Laboratoire d'Économie Forestière, Nancy, UMR AgroParisTech-INRA.

État de l'art

Jusqu'à présent, les outils économiques pour aborder le risque biotique ont été mobilisés de deux façons.

Tout d'abord, le calcul économique a permis d'estimer les dégâts liés à l'occurrence de l'aléa, en se focalisant sur la valeur marchande de la forêt. Ainsi, Haight *et al.* (2011) s'intéressent à *Ceratocystis fagacearum* dans le Minnesota (États-Unis), avec pour objectif d'estimer le dommage économique à partir des mortalités d'arbres observées. Les auteurs adoptent les coûts d'élimination comme métrique pour calculer le dommage économique. Ils estiment que pour la période 2007-2016, 76 000 à 266 000 arbres devraient être infectés, soit un coût d'élimination compris entre 18 et 60 millions de dollars. Ils insistent sur le fait que, bien que ces coûts soient élevés, ils ne représentent que la borne inférieure de la perte économique totale, car ils n'intègrent pas les pertes liées aux valeurs non-marchandes de la forêt. Des travaux adoptant des approches économiques similaires ont également été proposés par Liebhold *et al.* (1986), Zwolinski *et al.* (1990), Bergseng *et al.* (2012) parmi d'autres.

Ensuite, les méthodes d'évaluations, telles que l'évaluation contingente ou la méthode des prix hédoniques, ont été mobilisées pour appréhender les pertes de valeurs non-marchandes de la forêt. Ainsi, Kovacs *et al.* (2011) s'intéressent à *Phytophthora ramorum* sur la côte Pacifique des États-Unis. Ils estiment l'évolution dans le temps de la valeur des propriétés résidentielles sujettes au pathogène, via la méthode des prix hédoniques. Leurs résultats indiquent une baisse de 3 à 6% du prix des propriétés résidentielles localisées à proximité des zones infestées, et une réduction pouvant aller jusqu'à 15% lorsque les arbres infestés sont observés à la fois dans les quartiers résidentiels et les forêts avoisinantes. D'autres travaux mobilisant les méthodes d'évaluation existent. Elles sont recensées, au moins en partie, par Rosenberg et Smith (1997) qui proposent une revue de la littérature sur les approches économiques mobilisées pour appréhender les valeurs non-marchandes de la forêt, dans un contexte de risque biotique.

Des auteurs ont également combiné perte de valeur marchande et non-marchande de la forêt au sein d'un même travail. Leuschner *et al.* (1996), par exemple, s'intéressent à *Lymantria dispar* (L.) aux États-Unis, et à ses impacts en termes de production de bois, de valeurs récréatives et résidentielles. Ils estiment les bénéfices liés à la mise en place d'un programme permettant de ralentir la diffusion du pathogène. Ils montrent que les bénéfices varient en fonction de la vitesse de propagation de 800 millions de dollars à 3800 millions de dollars. Ils ajoutent que 13% de ces bénéfices sont imputables à la production de bois et à la récréation, alors que plus de 80% sont dus aux aspects résidentiels. D'autres travaux combinant valeurs marchande et non-marchande de la forêt peuvent être cités tels que Aukema *et al.* (2011) et Soliman *et al.* (2012) entre autres.

Cette littérature fait émerger de nombreuses interrogations qui méritent d'être soulevées. Ainsi, la question de l'échelle de l'analyse (peuplement, massif, région, pays), conjointement à celle du décideur (public, privé) se pose. De même, la relation entre occurrence du pathogène et dégâts (productivité, mortalité, qualité) semble primordiale, et associée au vecteur économique du dommage (prix, volume, densité). La question de l'incertitude reste prépondérante à tous les niveaux (scénario climatique, impact du pathogène, prix futur). La corrélation potentielle du risque biotique avec d'autres risques biotiques mais aussi d'autres types de risques (tempête, incendie) doit être abordée. Enfin, qu'en est-il des mesures de couverture existantes (assurance, prévention) pour faire face à ces aléas biotiques ?

L'objet de cette note est d'aborder plus en détails ce dernier point relatif à la couverture des aléas biotiques, qui à notre connaissance n'a pas encore été abordée par la littérature. En revanche, la littérature s'est intéressée à la couverture d'autres types de risques tels que la tempête et l'incendie, et dans ce cas, elle s'est concentrée sur deux mécanismes de couverture, l'assurance et la prévention. Ainsi, des auteurs tels que Brunette et Couture (2008) ou encore Brunette *et al.* (2009) se sont intéressés à l'impact de l'intervention publique sur la demande d'assurance des propriétaires forestiers. De même, Holeczy et Hanewinkel (2006) ou encore Brunette *et al.* (2015) ont proposé des modèles actuariels d'assurance dont l'objectif est de déterminer la prime d'assurance en fonction de la classe d'âge, de la surface assurée, de différents risques, etc. L'analyse de la prévention, quant à elle, est plus ancienne. En effet, dès la fin des années 1980, Reed (1987) a analysé l'impact de la prévention du risque incendie sur l'âge optimal de coupe du peuplement. D'autres travaux sont également apparus tels que Thorsen et Helles (1998) et Amacher *et al.* (2005). Des articles ont également comparés différents scénarios, en termes de dommages et de stratégies de prévention, entre eux (Goodnow *et al.*, 2008; Brunette et Couture, 2013).

Exemple d'analyse de stratégies de prévention dans les Landes de Gascogne

L'assurance des risques pathogènes n'existe pas à l'heure actuelle, de sorte que nous nous questionnons sur leur prévention. Pour cela, nous illustrons nos propos à partir d'un article (Brunette et Caurla, 2014). Cet article propose une étude de cas sur la forêt des Landes de Gascogne. Cette forêt est particulièrement adaptée pour aborder la problématique des risques biotiques et ce pour deux raisons principales. Tout d'abord, c'est une monoculture plantée de pin maritime, or les monocultures sont plus sensibles aux aléas biotiques. Ensuite, cette forêt a subi récemment deux tempêtes, Lothar en 1999 et Klaus en 2009, qui l'ont sensibilisé au risque biotique.

En termes de méthodologie, nous partons d'un itinéraire sylvicole standard pour le pin maritime des Landes de Gascogne, révolution de 35 ans, 2 éclaircies, plantation de 1000 tiges/ha, coût de gestion de 39€/ha/an. Nous considérons un taux d'actualisation de 3,5%. Nous adoptons comme critère économique le Bénéfice Actualisé en Séquence Infini (BASI). Ainsi, sans risque et sans prévention (situation de référence) le BASI de ce peuplement (i.e., sa valeur économique) est de 1166,91 €/ha.

Notre objectif est de comparer ce BASI de référence avec diverses situations en termes de pathogènes et de prévention. Ainsi, nous considérons deux pathogènes, l'hylobe (*Hylobius abietis*) et le fomes (*Heterobasidion annosum*), connus pour générer d'importants dégâts dans cette région française.

Pour l'hylobe, nous considérons que la probabilité d'attaque est certaine et que les dommages sont incertains, avec un taux de mortalité compris entre 50% et 80%. Partant de là, nous intégrons la possibilité d'un traitement chimique à base de cyperméthrine qui permet de réduire le dommage à 25-30%. Nous considérons également une jachère de 2 ans après la coupe finale qui réduit la probabilité d'attaque de moitié et, en cas d'infestation, le dommage associé est de 10%.

Dans ce contexte, nous considérons donc 7 scénarios que nous comparons entre eux via le BASI : sans traitement avec mortalité de 50%, 65% et 80%; traitement chimique avec mortalité de 25% et 30%; jachère avec mortalité de 0% (dans 50% des cas) et de 10% (dans 50% des cas). Nous montrons que d'un point de vue économique, la meilleure option est celle consistant à adopter le traitement chimique, et que la plus mauvaise option consiste à ne pas adopter de prévention. Les coûts d'adaptation sont ainsi estimés dans l'intervalle [128,32-1854,8] €/ha.

Pour le fomes, nous considérons que la probabilité d'attaque est certaine. Plusieurs stratégies de prévention sont considérées. Nous considérons deux stratégies de prévention parfaitement efficaces, en ce sens qu'elles rendent nulle la probabilité d'attaque et le taux de mortalité, un traitement chimique et une jachère de 5 ans après la coupe finale. Nous intégrons également le dessouchage local et total, qui eux sont fonction de la date de contamination (nettoyage, 1^{ère} éclaircie, 2^{nde} éclaircie). Nos résultats révèlent que la meilleure stratégie de prévention d'un point de vue économique est le dessouchage local lorsque la contamination a lieu au moment de la première éclaircie, et que la plus mauvaise option consiste en un dessouchage total lorsque la contamination se fait dès le nettoyage à l'année 2. A noter que pour le fomes, l'absence de traitement peut se révéler pertinente, notamment lorsque la contamination est tardive (2^{nde} éclaircie). Les coûts d'adaptation ainsi estimés appartiennent à l'intervalle [168,11-1525,54] €/ha.

Et après...

Il apparaît qu'une extension intéressante de ce travail serait d'adopter une approche multi-risques. En effet, il a été montré récemment que le fomes s'était développé massivement suite à la tempête Klaus de 2009 (Lung-Escarmant et Maugard, 2004). Il existerait donc un lien entre l'occurrence d'une tempête et le développement du fomes, voire des aléas biotiques plus généralement. Ce lien sera donc analysé dans le projet MULTIRISKS (RMT AFORCE, coordinateur: Hervé Jactel (BIOGECO, INRA), 2016-2017) dont l'objectif est d'analyser les impacts bioéconomiques des interactions entre aléas (tempête, fomes, processionnaire du pin) sur la ressource forestière (stock sur pieds, prix des produits, surplus, etc) et d'identifier des itinéraires sylvicoles permettant de les atténuer simultanément.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) AMACHER G.S., MALIK A.S., HAIGHT R.G., 2005. – Not getting burned: the importance of fire prevention in forest management. *Land Economics*, **81**, 284-302.

- (2) AUKEMA J.E., LEUNG B., KOVACS K., CHIVERS C., BRITTON K.O., ENGLIN J. *et al.*, 2011. – Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States. *PLoS ONE*, 6(9), e24587.
- (3) BERGSENG E., OKLAND B., GOBAKKEN T., MAGNUSSON C., RAFOSS T., SOLBERG B., 2012. – Combining ecological and economic modelling in analyzing a pest invasion contingency plan - The case of pine wood nematode in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(4), 337-349.
- (4) BRUNETTE M., CABANTOUS L., COUTURE S., STENGER A., 2009. – Assurance, intervention publique et ambiguïté : une étude expérimentale auprès de propriétaires forestiers privés. *Economie et Prévision*, 190-191(4-5), 123-134.
- (5) BRUNETTE M., CAURLA S., 2015. – An economic comparison of prevention strategies against *Hylobius abietis* and *Heterobasidion annosum* in the Landes de Gascogne Forest. *Cahiers du LEF*, 2014-07.
- (6) BRUNETTE M., COUTURE S., 2008. – Public compensation for windstorm damage reduces incentives for risk management investments. *Forest Policy and Economics*, 10(7-8), 491-499.
- (7) BRUNETTE M., COUTURE S., 2013. – Risk management behavior of a forest owner against growth risk. *Agricultural and Resource Economics Review*, 42(2), 349-364.
- (8) BRUNETTE M., HOLECY J., SEDLIAK M., TUCEK J., HANEWINKEL M., 2015. – An actuarial model of forest insurance against multiple natural hazards in fir (*Abies Alba Mill.*) stands in Slovakia. *Forest Policy and Economics*, 55, 46-57.
- (9) GOODNOW R., SULLIVAN J., AMACHER G.S., 2008. – Ice damage and forest stand management. *Journal of Forest Economics*, 14, 268-288.
- (10) HAIGHT R.G., HOMANS F.R., HORIE T., MEHTA S.V., SMITH D.J., VENETTE R.C., 2011. – Assessing the cost of an invasive forest pathogen: A case study with oak wilt. *Environmental Management*, 47, 506-517.
- (11) HOLECY J., HANEWINKEL M., 2006. – A forest management risk insurance model and its application to coniferous stands in southwest Germany. *Forest Policy and Economics*, 8, 161-174.
- (12) JACTEL H., DESPREZ-LOUSTAU M-L., MARCAIS B., PIOUS D., ROBINET C., ROQUES A., 2012. – Evolution des risques biotiques en forêt. *Innovations Agronomiques*, 18, 87-94.
- (13) KOVACS K., HOLMES T.P., ENGLIN J.E., ALEXANDER J., 2011. – The dynamic response of housing values to a forest invasive disease: Evidence from a sudden oak death infestation. *Environmental and Resource Economics*, 49, 445-471.
- (14) LEUSCHNER W.A., YOUNG J.A., RAVLIN F.W., 1996. – Potential benefits of slowing the gypsy moth's spread. *Southern Journal of Applied Forestry*, 20, 65-73.
- (15) LIEBHOLD A.M., BERCK P., WILLIAMS N.A., 1986. – Estimating and valuing western pine beetle impacts. *Forest Science*, 32, 325-338.
- (16) LUNG-ESCHARMANT B., MAUGARD F., 2004. – Conséquences phytosanitaires de la tempête du 27 décembre 1999 : évaluation du risque fomes (*Heterobasidion annosum*) dans le massif Landais. *Cahiers du DSF*, 1, 78-81.
- (17) REED W.J., 1987. – Protecting a forest against fire: optimal protection patterns and harvest policies. *Natural Resource Modelling*, 23-53.
- (18) ROSENBERG R.S., SMITH E.L., 1997. – Nonmarket economic impacts of forest insect pests: a literature review. General Technical Report PSW-GTR-164. Pacific Southwest Research Station. USDA Forest Service, Berkeley, CA, 38.
- (19) SOLIMAN T., MOURITS M.C.M., VAN DER WERF W., HENGEVELD G.M., ROBINET C. *et al.*, 2012. – Framework for modelling economic impacts of invasive species, applied to pine wood nematode in Europe. *PLoS ONE*, 7(9), e45505.
- (20) THORSEN B.J., HELLES F., 1998. – Optimal stand management with endogenous risk of sudden destruction. *Forest Ecology and Management*, 108, 287-299.
- (21) ZWOLINSKI J.B., STUART M.J., WINGFIELD M.J., 1990. – Economic impact of post-hail outbreak of die-back induced by *Sphaeropsis sapinea*. *European Journal of Forest Pathology*, 20, 405-411.

NOUVEAUX RISQUES BIOTIQUES POUR LES FORÊTS INDUITS PAR LES CHANGEMENTS GLOBAUX

CONCLUSION

par Christian **Barthod**¹

Pour cette conclusion, je commencerai par rappeler cinq réalités qui façonnent le contexte dans lequel nous avons écouté toutes ces contributions scientifiques passionnantes à notre réflexion :

1) Nous avons parlé de changements globaux, en fait beaucoup de changement climatique, mais nous avons aussi évoqué la mondialisation des échanges qui explique l'introduction récurrente de nouveaux organismes exotiques dans les forêts françaises, dont une partie pose ou est susceptible de poser de nouveaux et graves problèmes sanitaires.

2) Lorsque nous parlons de changement climatique et d'adaptation à ce nouveau contexte, nous devons garder en mémoire que nous ne passons pas brutalement d'une situation A à une situation B : il y a inévitablement une longue période de transition pour ces organismes très longévifs que sont les arbres forestiers, et cette période de transition est une réalité en soi, à bien appréhender. Les arbres connaîtront une évolution de leurs conditions de vie, qui ne sera sans doute pas linéaire, mais les confrontera à des crises, à des périodes de rémissions et de récupération, à des effets de seuil, à des effets cumulés, etc... L'enjeu d'une observation et d'un suivi permanent et structuré est important, et c'est une des missions du département de la santé des forêts (DSF), cité plusieurs fois par les intervenants.

3) Au sein des écosystèmes complexes que sont les écosystèmes forestiers, même simplifiés par l'action de l'homme, et pour les peuplements forestiers qui sont très différents des cultures annuelles, les problèmes sanitaires ne sont que rarement des événements isolés découlant d'une seule cause. Ils se caractérisent même généralement par des interactions multiples, par des facteurs prédisposants, des facteurs déclenchants et souvent des facteurs aggravants, selon la logique formalisée à propos du « dépérissement des forêts attribué à la pollution atmosphérique à longue distance » (programme DEFORPA);

4) Il existe dès lors de possibles effets en cascade qui se propagent au sein d'un écosystème. Ce qui nous a été rappelé sur certaines forêts de l'ouest nord-américain illustre cette réalité, avec la sécheresse et des températures fortes, la pullulation de scolytes, de vastes dépérissements (sur près de 20 millions d'hectares, parfois en synergie avec *Cronartium ribicola*) et de grands incendies. Mais cela va même au-delà, puisque les observateurs et les scientifiques ont documenté, à partir de ces grands dépérissements, des effets sur la fonte des neiges et la température des cours d'eau, des émissions de carbone et une modification du cycle de l'azote. Ils ont aussi noté une diminution forte de la fructification des pins, conduisant à une réduction du taux de natalité et de survie des grizzlis, mais aussi à un doublement du nombre de « conflits » recensés entre l'homme et les grizzlis dans la région de Yellowstone en 2010, année où très peu de cônes étaient disponibles, par rapport à la moyenne 1992-2009. On perçoit bien l'ampleur et la variété de ces effets qui se propagent.

5) Les scénarios du GIEC sur le changement climatique ne sont pas des prévisions météorologiques, et nous font entrer dans un univers de probabilité et d'incertitudes, où la science (la vraie) ne cache pas ses limites. De manière plus sociologique, je rappellerai que la difficulté rencontrée dans la caractérisation du changement climatique au regard de l'écophysiologie des arbres et de la résilience des écosystèmes

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Ingénieur général des Ponts, des Eaux et des Forêts. Membre de la Commission permanente des ressources naturelles au CGEDD, MEDDE, Ministère de l'Écologie et du Développement durable.

forestiers, explique certainement en partie la place prise dans le débat par ce que Ulrich Beck appelle les « charpentiers de l'argumentation », c'est-à-dire des intervenants dans le débat, qui intègrent à la fois les résultats scientifiques et une manière nouvelle d'assumer et d'organiser l'incertitude, toute entière tournée vers le souci de convaincre socialement. Merci aux intervenants de nous avoir donné le meilleur de ce qu'une approche scientifique peut nous apporter.

* * *

Marie-Laure **Loustau** a commencé par appeler notre attention sur trois points généraux qui sont des alertes à prendre très au sérieux, et que nous devons garder en mémoire lorsque nous analysons les informations des exposés plus ciblés qui ont charpenté cette séance :

- le rythme accéléré d'apparition de nouvelles maladies ;
- les impacts de ces nouveaux risques biotiques pour les écosystèmes forestiers, mais aussi pour les services écosystémiques dont nos sociétés dépendent ;
- l'enjeu de cette situation au regard de l'intensification de la production de biens et services de la forêt, car nous ne parlons pas seulement de forêts, mais aussi de projets humains sur la forêt.

* * *

Benoit **Marçais** nous a très justement invités à chercher à mieux pondérer les enjeux des nombreux problèmes identifiés, en soulevant par ailleurs des questions méthodologiquement importantes :

- lorsque nos observations identifient des « choses réputées nouvelles », sommes-nous vraiment sûrs qu'elles sont nouvelles et qu'elles n'existaient pas auparavant sans être vues ? comment dès lors apprécier les possibles évolutions de surface affectée ?
- concernant les nouveaux pathogènes exotiques, il faut souvent reconnaître que nous ne savons pas grand-chose, et qu'il existe un retard chronique entre ce que nous identifions comme un nouveau problème et le niveau des connaissances nous permettant de construire une réaction raisonnée ;
- dans ce contexte, comment apprécier les risques de manière la plus objective possible, et plus encore les options envisageables en réponse, dès lors qu'il semble, en plus, exister des doutes légitimes sur l'efficacité de certains de nos outils traditionnels, comme la quarantaine ?

* * *

Catherine **Bastien**, après nous avoir rappelé que les impacts peuvent être en termes de mortalité des arbres, mais plus souvent en termes de productivité et de qualité, a insisté sur la nécessité de prendre en compte une double variabilité : celle de l'hôte, mais aussi celle des bio-agresseurs, et ceci dans le contexte de la durée de vie des arbres où la probabilité de rencontres multiples est élevée, et la réactivité des bio-agresseurs forte.

De manière très équilibrée, elle nous a donné à voir d'une part la réussite « sanitaire » depuis 30 ans des grandes plantations de pin taeda dans le sud des Etats-Unis, d'autre part l'échec des stratégies de plantations monoclonales de peupliers sur de vastes surfaces, en nous rassurant sur le fait que les leçons en ont été tirées. Sa conclusion portait sur trois points :

- la nécessité de valoriser pleinement la diversité de ressources génétiques ;
- le besoin d'accompagner le déploiement des résistances ;
- l'urgence de lever les verrous à l'innovation.

* * *

Hervé **Jactel** a eu l'immense mérite de nous donner des outils et données scientifiques pour raisonner la relation très « discutée » entre la biodiversité et les populations d'insectes ravageurs.

La méta-analyse qu'il nous a présentée montre que dans 80% des cas, il est possible d'identifier un effet positif du mélange. L'enquête d'épidémiologie faite dans six pays, avec un gros effort d'échantillonnage, conclut à une diminution significative de la défoliation d'environ 30% en lien avec un effet du mélange

d'essences. N'oublions cependant pas que ces études s'intéressent aux insectes spécialistes, ainsi qu'à l'effet de l'introduction d'essences feuillues dans des peuplements résineux, et ne visent pas à démontrer un effet de l'introduction d'essences résineuses dans un peuplement feuillu.

Les mécanismes de l'effet identifié mobilisent la réduction de la ressource alimentaire, la réduction de l'accessibilité à la ressource et le renforcement des ennemis naturels des prédateurs, créant ainsi un effet en cascade. Mais il est capital d'insister sur la qualité de l'assemblage au sein du mélange feuillus conifères, car tous les assemblages ne se valent pas : ce n'est pas le mélange en soi, ce n'est pas n'importe quel mélange qui produit l'effet. Nous nous situons désormais au carrefour entre la technique et l'économie, car il s'agit désormais de trouver les compromis acceptables dans le mélange entre deux essences.

* * *

Marielle **Brunette** et Sylvain **Cauria** nous ont rappelé qu'en parlant risque, nous parlions risque au regard du projet de l'homme sur la forêt, ce qui nous introduit dans le champ de la réflexion économique. J'ai été notamment marqué par la mention, à propos du plan norvégien de lutte contre le nématode du pin, que le coût des dégâts pouvait être plus faible que le coût de mise en œuvre du plan, ce qui ne peut que nous inviter à la réflexion sur les conditions de cohabitation avec de nouveaux agents biotiques ravageurs. Certes, dans le présent cas, pour un pays membre de l'Union européenne comme la France, la réponse se trouve dans nos obligations communautaires ; mais la légitimité de la question demeure. Il n'en reste pas moins que le coût d'adaptation de la sylviculture à un nouveau pathogène peut se révéler lourd, et parfois prohibitif au regard de la rentabilité pour le sylviculteur : le chiffre de 10% (considéré comme un minimum) a été avancé.

J'ai par ailleurs été particulièrement sensible à quatre aspects de leur réflexion :

- les risques liés au changement climatiques ne peuvent être appréhendés seuls, indépendamment des risques liés aux bio-agresseurs, seuls ou en interaction : il s'agit nécessairement d'une approche multirisques ;
- l'enjeu des échelles spatiales auxquelles nous menons nos réflexions, dès lors que des contradictions peuvent se révéler entre les conclusions à différents niveaux d'approches : il s'agit d'une question redoutable, mais qu'il est impossible d'éluder ;
- l'enjeu de la typologie des acteurs, et d'une bonne compréhension de leurs grilles d'analyse, priorisations respectives de valeurs, déterminismes de comportement, avec présentement une très nette différence entre forêt publique et forêt privée ;
- la sensibilité des résultats aux incertitudes, et notamment aux incertitudes liées aux scénarios du changement climatique.

Nous sommes donc clairement entrés, avec ces exposés, dans une approche en termes de risques, et même plus encore dans une approche multirisques, en parlant à la fois de résistances, de mortalités et de productivité, mais le plus souvent à climat constant. Qu'en serait-il en intégrant mieux la dimension du changement climatique ?

Nous avons enfin été invités à prendre de la hauteur, ou de la distance, et à accepter l'idée que la vision à 100 ans des enjeux et priorités en matière de nouveaux risques biotiques pour les forêts pourrait être différente de celle que nous avons actuellement. Cela nous invite d'autant plus à structurer et renforcer notre stratégie en matière d'observation sanitaire des forêts, prenant en compte les résistances.

L'ÉLEVAGE BOVIN : ENJEUX ANCIENS ET TENDANCES ACTUELLES

Journée d'étude organisée le jeudi 26 novembre de 10h à 17h
à l'Académie d'Agriculture de France, 18 rue de Bellechasse, 75007 Paris

En partenariat entre l'**AEHA** (Association pour l'étude de l'histoire de l'agriculture), la **Société d'Ethnozootecnie** (SEZ) et la **section 3** "Productions animales" de l'Académie d'Agriculture de France (AAF).

L'étude embrasse la période 1750-2000. Ce créneau ouvre sur l'importance qu'a le bétail aux yeux des physiocrates et des agronomes, ce qui explique la création des écoles vétérinaires de Lyon puis d'Alfort au XVIII^e siècle. Il finit sur la contestation d'une alimentation occidentale privilégiant les protéines d'origine animale, à commencer par la viande de bœuf.

Ce mouvement radical évoque pêle-mêle l'affaire de la « vache folle », les scandales associés aux préparations industrielles, la maltraitance animale, le fonctionnement des abattoirs, le détournement des céréales, l'occupation de l'espace et l'émission des gaz à effet de serre, sans jamais parler des avantages de cet élevage et de l'efficacité de sa surveillance.

C'est un retournement de situation sans précédent car naguère, cette viande rouge et grasse, calorique et fortifiante, vit sa consommation encouragée par les médecins et démocratisée grâce à la spécialisation et à l'abondance des productions, la demande étant telle que l'importation devint nécessaire. L'arrivée de carcasses congelées (fin XIX^e siècle) contribua à la baisse des cours, et répandit la consommation de viande bovine. Laquelle intervenait souvent en fin de cycle, l'animal ayant servi aux labours (bêtes de trait) ou à la traite (races laitières). Est-ce la fin d'une tendance qui remonte au second tiers du XVIII^e siècle ?

A l'époque, les épizooties mobilisaient l'opinion publique, d'où une législation essentiellement sanitaire et une demande rurale limitée à l'installation d'un vétérinaire. Il est vrai que la profession œuvrait surtout à l'entretien, la production et la sélection des chevaux de guerre, de chasse et de course. Au fond, le populaire ne faisait que réclamer l'égalité de traitement entre l'animal « noble » (le cheval) et l'animal « paysan » (le bœuf). Cela posait le problème de la spécialisation des races bovines sur un modèle comparable. Comment tirer parti des spécificités régionales ? Comment encourager l'amélioration des races ?

Pour la première fois, on réfléchissait à la manière de mobiliser les agriculteurs, c'est-à-dire de les sortir d'une pratique fondée sur la tradition et la routine. Les résultats commencent à paraître dans la période 1815-1848 : la consommation moyenne de viande passe de 18 kg en 1820 à 20 kg en 1845 et le nombre de bovins de 7 à 10 millions de têtes, soit près d'un tiers du cheptel total (32 M de t). La consommation atteindra les 45 kg par personne et par an en 1914. C'était à porter au crédit de la politique agricole, mais aussi des professeurs d'agriculture, des spécialistes de zootechnie et des organisations professionnelles.

L'élevage, servitude usagère qui façonnait les peuplements forestiers, les délaissa lentement : d'où la dominante feuillue qui caractérise encore aujourd'hui la forêt française. Il contribua également à modeler et à maintenir les paysages. Par sa spécialisation et sa modernisation, il a modifié les critères d'embauche. A terme, la réduction du nombre des emplois amplifia l'exode rural, condition nécessaire mais non suffisante à l'agrandissement des exploitations. La superficie herbagère ne permettant pas de nourrir la totalité du cheptel bovin, le développement de nouveaux types de ration fut facilité par l'organisation européenne, tout en exigeant processus de contrôle, garanties de stockage et aides à l'exportation.

Ce secteur qui fut une richesse française aurait-il trop bien réussi ? Victime de ses charges, de ses contraintes, de la concurrence européenne, de la compétition internationale, il connaît des difficultés. La

crise bovine secoue durement certaines régions. Comment expliquer la dérive observée à partir des années 1970 ?

Programme

Introduction : Mme Andrée CORVOL

M. Bernard DENIS : L'évolution des races

M. Jacques RISSE : L'alimentation du bétail

M. François VALLAT : Vétérinaires et vaches contagieuses, trois siècles de lutte sanitaire, XVIII^e-XX^e siècle

Mme Andrée CORVOL : La gestion des espaces, 1750-1900

M. Jean Paul JAMET : Les conséquences de l'évolution des techniques d'élevage.

Mme Nadine VIVIER : L'importance des comices agricoles

M. Pierre DEL PORTO : Le concours général agricole, 1844-2015

M. Jean Marie Chuppin : L'environnement des bovins : logement, transport et bien-être animal

MM. Pierre SANS & Pascal MAINSANT : Evolution dans le temps des modes de consommation de viande bovine

Conclusions

A l'issue du colloque : projection du film "Steak (R)évolution" , réalisé par Franck Ribière (*) .
puis débat avec Franck Ribière.

() Steak (R)évolution parcourt le monde à la découverte d'éleveurs, de bouchers et de chefs passionnés. Loin des élevages intensifs et des rendements industriels, une révolution est déjà en marche; la bonne viande rouge devient un produit d'exception, voire luxe. Mais où se trouve le meilleur steak du monde ?*

Franck Ribière et son boucher favori, Yves-Marie Le Bourdonnec, partent rencontrer les nouveaux protagonistes de la filière, généreux, attachants et écologistes, pour essayer de comprendre ce qu'est une bonne viande.

Les nouveaux enjeux du marché ne sont pas toujours là où on les attend.

Steak (R)évolution est un film gourmand et politiquement incorrect sur la viande "haute couture".

NOURRIR LES BOVINS

par Jacques Risse¹

Né il y a longtemps, très longtemps, huit ou dix mille ans avant notre ère, pas seulement en Mésopotamie mais aussi dans beaucoup d'autres régions du monde, l'élevage n'a, dans notre pays, réellement pris son essor qu'au XIX^{ème} siècle.

On s'est souvent demandé combien il y avait de bovins en France à la veille de la Révolution. Lavoisier, au terme de longues et minutieuses études, avait fixé ce nombre à 7.089.000 (3089000 bœufs et 4.000.000 de vaches). Un chiffre éminemment variable d'une année sur l'autre en fonction des épizooties, des aléas climatiques et des récoltes.

Ajoutons, qu'à cette époque, les bovins avaient pour rôle essentiel de fournir de l'énergie et du fumier et que ce n'est qu'après 1750 qu'ils ont en plus fourni de la viande et du lait de manière significative.

Nourrir les bovins constituait alors un des soucis majeurs du monde paysan. « *Le cultivateur*, écrivait l'abbé Rozier dans son **Cours complet d'agriculture**, par une économie forcée, réduit souvent son bétail à ne vivre que de paille pendant l'hiver, ce qui le met dans l'épuisement et dans un état de maigreur. D'ailleurs les jeunes animaux, par la faiblesse où les expose le défaut d'aliments substantiels seront toujours petits, difformes, sans valeur. » En bref, les animaux, les bovins en particulier, étaient le plus souvent mal nourris d'un foin ou d'une paille de qualité médiocre. Dans quelques rares régions, les plus chanceux recevaient en complément « des pelotes de graisse », des « tourteaux de noix », des pâtées de pomme de terre ou de châtaignes cuites. « *Des notes précédentes*, écrivait Arthur Young dans ses **Voyages en France** de 1788, il résulte qu'en Normandie, dans le Bas-Poitou, en Limousin, dans le Quercy, en Guyenne, l'importance du bétail est joliment bien comprise et que, dans la partie herbagère de la Normandie, la quantité est bien proportionnée à la richesse du pays, dans tout le reste du Royaume, qui en forme la plus grande partie, il n'y a rien qui mérite d'être noté. Dans les dix-huit vingtièmes du pays, il n'y aurait, pour ainsi dire, pas de bétail du tout, sans la pratique de labourer avec eux. ».

Des résultats tirés de l'enquête de l'an II, il semblerait qu'à la fin du siècle des Lumières, l'alimentation commençait à évoluer, voire même à s'améliorer. Au traditionnel mélange de foin, de paille et de fruits pourris, s'ajoutaient de plus en plus souvent, et dans des régions de plus en plus nombreuses, des pommes de terre, des raves, des issues de meunerie et même... du trèfle et de la luzerne.

En bref, jusqu'au XIX^{ème} siècle, sauf en de rares provinces, on ne s'intéressait guère aux bovins, ils étaient le *mal nécessaire* dont parlait Lavoisier, ils coûtaient cher à entretenir, on avait, en quelque sorte, fait d'eux les forçats de la terre.

DE 1850 A LA FIN DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Alors qu'en 1830, la part de l'élevage dans le produit agricole brut atteignait à peine 30%, elle s'élevait à 40% en 1880 et 43% en 1910. Encore faut-il préciser, pour mieux mesurer l'ampleur du phénomène, qu'entre 1814 et 1915, le produit brut des végétaux s'était multiplié par 2,8 ! L'explication, on la connaît : « *En ces derniers temps*, écrivait André Sanson en 1885, la consommation de viande a pris dans l'Europe Occidentale de très grands développements déterminés surtout par la hausse des salaires, qui a été elle-même la conséquence des changements politiques intervenus. Le sentiment de l'égalité, en France particulièrement a fait naître de vives aspirations au bien-être... Or ces aspirations se réalisent d'abord par l'amélioration du régime alimentaire... et dans cette amélioration, c'est la viande qui occupe le premier plan. » En témoignent ces quelques chiffres concernant la consommation de viande (bovine pour une bonne part) : 18 kg/pers/an en 1812, 26 kg en 1862, 33 kg en 1882 et 45 kg en 1910. Quant au lait, autre production essentiellement bovine, la consommation qui s'élevait à Paris à 160 millions de litres en 1880 passait les 360 millions de litres en 1910 avec une population qui ne s'était accrue que de 25%.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France. Docteur-vétérinaire.

Bien entendu, il ne pouvait être question d'entretenir un cheptel plus nombreux et plus productif avec les maigres ressources dont on disposait jusque là ! Allaient fort heureusement apporter leur contribution à la solution du problème :

- le développement des cultures betteravières, céréalières et du chou fourrager, l'utilisation des tourteaux
- l'avènement de la zootechnie avec, entre autres, le développement de la sélection et une connaissance sans cesse améliorée des règles de l'alimentation. Si, à l'époque, les études portaient déjà sur toutes les espèces, elles n'en concernaient tout de même pas moins pour une large part les bovins.

Paul Diffloth dans son livre *Zootechnie des bovidés* paru en 1904, consacra plus de 80 pages à l'alimentation des bovins et à son influence sur la quantité et la qualité des produits qu'il s'agisse de la viande ou du lait. Une préoccupation nouvelle qu'il partageait à n'en pas douter avec bon nombre de ses confrères mais qui ne suscitait encore qu'un intérêt mitigé auprès des éleveurs de bovins quelle que soit leur spécialité.

Bien entendu, des conseils étaient dispensés quant à la façon de nourrir les animaux en fonction de leur gabarit, de leur race, de leur production et du mode d'engraissement choisi, intensif ou extensif : *Le chargement de l'herbage, est-il-dit, doit être réglé judicieusement et d'après la nature du sujet à engraisser.* Suivaient quelques indications : *En pays d'Auge, on estime qu'il faut 35 ares d'herbage de première qualité pour engraisser un bœuf de grande taille , 40 ares d'herbage de seconde qualité pour un bœuf de taille moyenne, 35 ares d'herbage de troisième qualité pour un bœuf de petite taille... On estime en Auvergne qu'un hectare de « montagne » suffit à l'engraissement d'une vache réformée et, ajoutait-on, l'utilisation d'un herbage par l'engraissement du bétail est plus rémunératrice que l'emploi du foin produit à l'engraissement de ce même bétail à l'étable. Les jeunes herbes consommées par l'animal qui pâit sont en effet plus riches en protéine, en matière grasse, en eau et plus pauvres en cellulose et éléments lignifiés... L'auteur précisait, anticipant des préoccupations très actuelles: *Notons enfin qu'au lieu d'appauvrir le sol, la dépouille maintient sa fertilité ou même la développe si les animaux reçoivent une ration supplémentaire.**

De 1918 à 1939

La grande guerre avait laissée la France pratiquement exsangue, son élevage avait beaucoup souffert mais les éleveurs ne s'étaient pas pour autant découragés. Durant les vingt années de l'Entre-deux-guerres, ils allaient faire preuve d'un dynamisme étonnant. C'est ainsi que la surface consacrée aux prairies naturelles, aux prairies artificielles et aux cultures fourragères allait passer entre 1912 et 1932 de 11 à près de 13 millions d'hectares et que les seules productions de racines et de fourrages annuels allaient marquer un accroissement de 21%. Le nombre des bovins augmentera quant à lui de près de 20% pendant la même période.

L'APRES GUERRE 39-45

Quels qu'aient pu être les progrès réalisés auparavant, l'élevage rationnel n'a cependant réellement vu le jour qu'après la seconde guerre mondiale. Et sans le développement de la science et les efforts des zootechniciens et des zoopathologistes, il n'aurait vu le jour que beaucoup plus tard. L'INRA est né, on s'en souvient en 1946. Ceci à la satisfaction générale des professionnels et pour le plus grand bien de notre élevage, des éleveurs et... des consommateurs.

Passer de l'alimentation traditionnelle à l'alimentation rationnelle posait un certain nombre de problèmes, des problèmes tout à la fois scientifiques et pratiques. Aux chercheurs est revenue la tâche de résoudre les premiers, aux professionnels de résoudre les seconds. C'est à cette époque que résultat de leurs efforts conjoints, l'industrie des aliments du bétail a réellement pris son essor. Certes il existait déjà, à la fin des années 30, quelques usines spécialisées et un certain nombre d'ateliers artisanaux mais leurs façons d'être ou de faire n'avaient rien de comparable avec celles de leurs « descendants » des années 50, 60 ou plus ! Cependant, ils fabriquaient déjà des compléments vitaminiques et minéraux dont l'utilité n'était plus à démontrer.

Quoiqu'il en soit, à la fin des années 50, plus de 1000 usines coopératives ou privées réparties sur l'ensemble du territoire approvisionnaient les campagnes françaises en provendes, un mot alors couramment utilisé pour désigner les aliments du bétail. Leur rôle était complexe. Elles devaient non seulement fabriquer

des aliments et des compléments alimentaires adaptés aux besoins de la clientèle mais leurs cadres devaient aussi définir les normes et les contraintes de la formulation, conseiller les éleveurs tant au plan conduite des élevages qu'aux plans prophylaxie ou gestion, assurer leur formation, les assister dans la commercialisation de leurs produits voire assurer cette commercialisation. En bref, les fabricants d'aliments du bétail assumaient par le biais d'accords ou de contrats divers un rôle capital. Rôle certes plus ou moins important d'une production à l'autre mais indispensable tout de même. C'est à cette époque que les formulateurs commencèrent à utiliser les calculateurs analogiques avant d'en venir très vite aux ordinateurs en *time-sharing* d'abord, en propriété individuelle ensuite.

Bien entendu, les Pouvoirs publics s'imaginaient mal rester à l'écart du mouvement enclenché, ils entendaient sinon le mettre sous tutelle au moins le contrôler, veiller sur lui, voire lui apporter leur aide. Ainsi naîtront divers organismes, le FORMA, les interprofessions, les Offices (Office de l'Élevage, OFIVAL, ONILAIT). Ainsi, après 1960, les accords européens joueront-ils un rôle sans cesse grandissant dans l'organisation des filières, leur mise sous protection par le jeu de redevances ou leur assistance par la création des quotas laitiers, par le biais d'aides (restitutions, prime à la vache allaitante, au jeune bovin mâle, à l'extensification ...) ou par le jeu d'accords internationaux.

Tout au long de cette période, les effectifs, les modes d'élevage, la productivité des animaux allaient bien entendu évoluer. Mais ce cheptel « haut de gamme » posait mille et un problèmes, il fallait le nourrir, le nourrir en utilisant le plus possible les ressources propres. Voici à ce propos quelques indications :

***Parts moyennes de fourrages, céréales et protéines végétales
consommées en France par les bovins à viande ou laitiers***

Herbe pâturée	38,3%	Herbe conservée	26,3%
Maïs ensilage	19,4%	Céréales	5,4%
Tourteaux de soya et autres	4,4%	+compléments	
<u>Chiffres allaitants</u>		<u>Chiffres laitiers</u>	
80% (2/3 pâturés)		Herbe	80 à 90%
8 %		Maïs ensilage	

Dans notre pays, 13 millions d'hectares sont consacrés aux prairies et aux parcours : 9,8 millions aux prairies permanentes et aux parcours, 3,2 millions aux prairies temporaires. S'y ajoutent 2 millions d'hectares de maïs fourrager et 1,5 millions d'hectares de céréales autoconsommées. Au total donc une surface considérable (La SAU est de l'ordre de 29 millions d'hectares).

En 2013, le tonnage d'aliments bovins produit par les fabricants d'aliments du bétail s'est élevé à un peu plus de 20 millions de tonnes. En légère hausse depuis quelques années, une hausse qui a peu ou prou compensé les pertes enregistrées dans le domaine du porc. Entre 2010 et 2013, la moitié de la croissance du tonnage d'aliments composés bovins fabriqué est due à l'augmentation du tonnage des aliments mash. Ces aliments, à dire vrai peu connus, résultent d'un mélange relativement complexe de matières premières non broyées dont les composants sont visibles à l'œil nu. Destinés à répondre aux inquiétudes des éleveurs, qui se méfiaient des matières premières utilisées, ils semblent avoir atteint leur objectif. En 2013, les aliments mash représentaient environ 15% des ventes d'aliments bovins qui, au total, atteignaient en 2013, 5.400.000 tonnes (3.800.000 pour les vaches laitières, 1.600.000 pour les autres bovins).

Autre donnée capitale lorsque l'on parle de l'élevage français, le nombre des emplois existants dont il n'est pas besoin de souligner l'importance dans les temps actuels.

Une étude réalisée par l'INRA au cours de ces dernières années a permis de chiffrer à 882.000 le nombre des emplois liés à l'élevage en France soit 703.200 temps pleins, 3,2% des emplois de notre pays. Un peu plus de 300.000 de ces actifs travaillent à temps plein sur les exploitations agricoles : une majorité d'entre eux (180.000 environ) pour la production du lait, 100.000 ou un peu plus pour la production de viande. Les autres sont salariés des diverses industries agro-alimentaires ou non (aliments du bétail, abattoirs,...) ou du commerce.

Qualité sanitaire des Aliments d'origine bovine

De l'alimentation dépend pour une part non négligeable la qualité sanitaire des viandes mises en marché. Concernant notamment celles de bovin, elles ont, comme pratiquement toutes les autres, fait l'objet de critiques extrêmement virulentes souvent peu justifiées et essuyé leur lot de sarcasmes.

En 1996 (mais cela avait commencé quatre ans plus tôt) éclatera un véritable scandale à propos de la contamination de l'homme par des viandes bovines provenant d'animaux recevant des aliments composés contenant des farines de viande. Une pratique déjà ancienne, il en avait été question pour la première fois dans un compte rendu publié dans le Bulletin de l'Académie d'Agriculture en 1840. Quarante ans plus tard, cette pratique était entrée dans les mœurs et faisait l'objet d'une publicité non négligeable dans la plupart des revues agricoles. Les viandes étaient à cette époque chauffées à haute température (150° ou plus). Une température suffisante pour détruire les prions dont on ne connaissait pas encore l'existence. Dans les années 80-90, sous prétexte de mieux préserver les qualités nutritives des farines de viande les températures de traitement s'étaient progressivement abaissées à 120 ou 125°, voire moins, des températures nettement insuffisantes pour détruire les prions pathogènes, ces prions qui engendrent une maladie neurodégénérative mortelle. Depuis les farines de viande ont été interdites dans l'alimentation non seulement des bovins mais aussi des autres espèces animales. Interdites en France et en Europe mais pas partout ailleurs. Inutile d'en dire plus ! La maladie a entraîné dans notre pays vingt-sept décès, un peu plus de 200 en Angleterre.

Depuis la viande de bœuf a fait l'objet d'autres attaques non liées à l'alimentation des bovins Ces attaques provenant des Etats-Unis notamment mais aussi d'organismes internationaux comme l'OMC, portaient principalement sur la propension de la viande de bœuf à engendrer des colopathies cancéreuses lorsqu'elle était consommée en quantité importante.

Autre point dont il est parfois, question, pas seulement pour la viande bovine d'ailleurs mais aussi pour quasiment tous les autres produits carnés, l'usage des OGM. Les arguments techniques sont pauvres mais, ne nous y trompons pas, il s'agit d'abord et avant tout d'un problème d'acceptabilité sociétale et nous devons nous en soucier beaucoup plus que nous ne l'avons fait jusqu'à présent. Bien à tort !

Ajoutons à cela, l'action des végétariens, des végétaliens et maintenant des végétans, des gens qui refusent l'utilisation de tous produits d'origine animale. Ceci étant, l'homme est un omnivore et on voit assez mal ce qu'on pourrait y changer. Jean-Marie Bourre, membre de l'Académie de Médecine, et moi-même venons d'écrire un petit papier intitulé *Il faut consommer de la viande* qui essaie d'expliquer aussi clairement que possible pourquoi nous défendons cette position tout en ajoutant que « *le risque sanitaire est trop souvent exagéré sous nos latitudes* ». Dans un petit ouvrage intitulé *Faut-il arrêter de manger de la viande ?* René Laporte et Elodie Vieille Blanchard avaient confronté leur point de vue, une confrontation qui ne manque pas d'intérêt !

Se sont ajoutées à ces attaques des incidents, des accidents, des fraudes ou des façons de faire inadmissibles. On ne peut que le déplorer.

Et le lait, que faut-il en penser ? Le lait de vache a, tout autant que la viande bovine souffert de critiques le plus souvent injustifiées. Il y a quelques années, Jean-Marie Bourre, médecin et membre de l'Académie de médecine et de l'Académie d'Agriculture a écrit un livre publié chez Odile Jacob et qui s'intitule : *Le lait, vrais et faux dangers*. Il y fait le point sur tous les maux dont serait responsable ce malheureux produit: cancer de la prostate, infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux, hypertension, hypercholestérolémie, etc, etc... Toutes ces accusations, même injustifiées ont eu bien entendu de graves conséquences pour les producteurs de lait. Là encore le principe de précaution a joué un rôle capital.

Bien entendu, dans tous ces cas ou presque, on a attaqué directement ou plus insidieusement l'alimentation. Il y a un certain nombre d'années déjà, j'avais écrit un petit livre publié chez Vigot frères qui s'intitulait : *Bien nourrir les bêtes pour mieux nourrir les hommes*, preuve de l'intérêt que portaient déjà les nutritionnistes à la qualité des produits d'origine animale et à leur influence sur la santé humaine. Mais soit dit au passage, je ne change rien à ce que j'écrivais à cette époque : *Depuis fort longtemps déjà, de vives controverses opposent végétariens et carnivores. Il s'agit souvent d'un dialogue de sourds, la discussion ne se plaçant pas sur un même plan pour les uns et pour les autres, les uns raisonnant en nutritionnistes, en gastronomes, les autres en idéalistes.*

Les gaz à effet de serre et les effluents

L'émission de gaz à effet de serre (CO₂, méthane) par les ruminants, les bovins en priorité, pose un certain nombre de problèmes et concerne tout de même pour une part non négligeable l'alimentation du bétail. Des chiffres ont été publiés ici et là fabuleusement différents les uns des autres : ils vont de 3,5 à 35% du total des émissions. La FAO le situe à 15% environ tout en spécifiant qu'il s'agit d'un chiffre qui ne tient pas compte du rôle très positif des bovins et des ovins dans la maîtrise du phénomène. Sur ce total, 9,3% proviendraient des bovins (pour un peu plus de la moitié du troupeau allaitant). En bref, les soins apportés aux bovins, leur alimentation élimineraient plus de gaz à effet de serre, de CO₂ notamment qu'ils n'en produiraient. Des études ont été entreprises pour réduire leurs émissions, il s'agit d'ajouter à l'alimentation des bovins des produits à rôle fortement positif. Agrisalon.com du 11 décembre 2015, fait part d'un projet de recherche destiné à réduire les émissions de méthane. Il pourrait aboutir d'ici deux ans.

Reste la question des effluents. Il ne semble pas que dans le cas des bovins, elle pose réellement problème. Ils constituent en fait un engrais naturel qui enrichit sensiblement les terres et évite le recours à des engrais divers d'origine chimique si décriés depuis bon nombre d'années.

Rappelons enfin que l'Académie d'agriculture a organisé plusieurs colloques ou séances sur ces sujets sensibles, citons notamment le dernier en date, le colloque organisé au Palais du Luxembourg sous le titre *Colloque territoires et élevages 2015*. Dès 1994, les Editions Lavoisier avaient édité un petit livre d'Alain Rérat intitulé *Production alimentaire mondiale et environnement Notre avenir en jeu*. Presque vingt ans plus tard, Pierre Feillet publiera aux Editions Quae *Nos aliments sont-ils dangereux ?* Une réponse en une soixantaine de points aux questions que se posent les consommateurs.

Sur un plan assez proche on a évoqué à propos de l'élevage bovin, la déforestation dont il serait lourdement responsable. Si en toute honnêteté, le problème ne se pose, semble-t-il, guère en France, il se pose incontestablement dans d'autres pays, en Amérique du sud notamment où l'élevage bovin qui se développe à vive allure entraîne la disparition d'une partie de la forêt amazonienne.

Conclusions

Avec le temps, l'élevage des bovins a beaucoup évolué. D'animal de travail fournisseur de viande et de lait, ils sont devenus des producteurs de denrées alimentaires. Après avoir vu leur nombre augmenter dans notre pays, ils sont entrés dans une phase de régression sous des influences extrêmement diverses. Ailleurs, aux Etats Unis, en Chine, au Brésil, en Argentine et même en Russie, leur nombre a beaucoup augmenté et continue à augmenter. Et en France ? Et bien si vous le permettez, je vais reprendre la conclusion que j'avais donnée dans un ouvrage publié en 2010 et intitulé : *L'élevage français, Evolutions et perspectives* et cela sans y rien changer : *En France, le maintien de l'élevage bovin est une absolue nécessité dont les politiques, agrariens ou non, doivent prendre conscience sous peine de graves, de très graves déconvenues*

« Steak (R)évolution »

par René Laporte¹

Un hymne à la viande.

Depuis la rentrée, avec la Cop 21, le film à charge de FOG « L'animal est une personne », la viande est sur tous les fronts. A l'évidence la société se pose beaucoup de questions sur la consommation de viande, sur la place respective des hommes et des animaux dans notre univers et sur les conditions d'élevage et d'abattage des animaux. Et si « Steak (R)évolution » de Frank Ribière avec sa quête du meilleur steak dans le monde nous donnait un fil conducteur des réponses à apporter ?

Les nombreux articles de presse sur ce film le présentent comme un hymne à la très bonne viande synonyme de plaisir, de partage et de convivialité qui met l'eau à la bouche du spectateur. Après l'avoir vu vous n'avez qu'une envie c'est de partager et de dévorer une bonne entrecôte. L'homme a bien un goût inné de la viande imprimé dans ses gènes par l'histoire de son évolution.

Le tour du monde auquel invite « Steak (R)évolution » confirme l'universalité de la viande dans les cultures et les pratiques alimentaires. De l'Argentine au Canada, de la Suède à l'Espagne, de l'Écosse au Japon, la viande est bien présente dans toutes les gastronomies et dans la diète quotidienne des hommes alors même que les croyances philosophiques ou religieuses diffèrent sur la hiérarchie des êtres vivants.

Cette universalité se retrouve aussi dans la convergence des critères de qualité d'une bonne viande. C'est d'abord une chaîne humaine associant un éleveur, un boucher et un cuisinier. L'éleveur va s'attacher à mettre en valeur les qualités des différentes races – toutes les races ont leurs qualités et aussi leurs défauts – et surtout assurer une finition qui donne une viande avec du « bon gras ». Ensuite les opérations s'enchaînent : abattage sans stress, découpe, maturation et enfin la cuisson. Et le film montre toute l'attention et la passion que chacun des acteurs apporte à son travail pour amener dans l'assiette un produit excellent voire exceptionnel.

Une bonne viande est donnée par un animal bien traité, « heureux ». Les acteurs du film montrent qu'on peut tout à la fois aimer les animaux, en prendre soin et aussi les tuer pour manger leur viande.

Certes, Steak (R) évolution présente des viandes « haute couture », exceptionnelles par leurs qualités, par leurs prix et par les occasions de les consommer. J'ai eu la chance de déguster un asado en Argentine, une picanha au Brésil, du bœuf de Kobé au Japon ou de dîner chez Peter Luger à New York, ce sont bien des moments exceptionnels.

Mais cette viande « haute couture » ouvre la voie à la viande de tous les jours, la viande « prêt à porter » avec les mêmes critères de qualité : une viande mure, bien finie avec suffisamment de gras et bien maturée. Le film ouvre bien d'autres débats : herbe ou céréales, races anglaises ou races continentales et les propos passionnés, parfois excessifs, d'Yves Marie Lebourdonnec, peuvent être discutés. Les viandes servies chez Peter Luger viennent de jeunes bœufs finis avec une ration de céréales, le bœuf de Kobé bénéficie d'un régime hyper énergétique. De tous temps la finition des bovins pour la viande a fait appel à un régime riche en céréales ne serait-ce que pour obtenir une viande suffisamment grasse, mais l'essentiel est de leur offrir une vie au pâturage conforme à leur qualité d'herbivore ruminants. Chaque race présente ses propres qualités et c'est tout le savoir-faire et les bonnes pratiques des éleveurs, y compris des éleveurs français, qui vont en faire de la bonne viande.

Matthieu Ricard, Franz Olivier Gisbert et d'autres nous accusent de violence, d'un manque de bienveillance envers les animaux, nous avons lu leurs livres, vu leurs films, ont-ils seulement vu ce film ?

¹ Ingénieur agronome, spécialiste du commerce et de l'industrie du bétail et de la viande.

ENJEUX DES NÉGOCIATIONS COMMERCIALES EN COURS :
L'EXEMPLE DU TRAITÉ TRANSATLANTIQUE

INTRODUCTION

par Michel-Jean **Jacquot**¹

Monsieur le Président,
Monsieur le Secrétaire Perpétuel,
Mesdames, Messieurs,
Chères Consœurs et chers Confrères.

Depuis quelques mois, l'effervescence est vive en France – et elle n'a pas décliné depuis – car « Bruxelles », comprenez la Commission, aurait entamé avec les États-Unis au nom de l'Union européenne une méga-négociation, aux fins de passer avec eux, un "Traité de Partenariat " de grande envergure. Les intérêts de l'Europe, ceux de son agriculture en particulier, seraient bradés, comme il est coutume de l'énoncer en France chaque fois qu'une négociation internationale est entamée.

L'Académie d'Agriculture ne pouvait pas rester passive et silencieuse, face à ce qui pouvait se tramer entre Bruxelles et Washington et face aux réactions que cette négociation suscite, peut-être à tort, ou peut-être à raison. Ce fut le sentiment de la Section X qui a accepté la proposition que nous lui avons faite, Gilles **Bazin** et moi-même, de demander à nos instances dirigeantes de réserver une séance particulière aux « Enjeux des négociations commerciales en cours et en particulier au projet du Traité Transatlantique ». Nous remercions celles-ci d'avoir accueilli favorablement notre suggestion.

Notre intention, en prenant cette initiative, n'était pas d'ajouter la voix de l'Académie à toutes celles qui, en France, manifestent leur opposition à cet Accord, parce que ces négociations se dérouleraient, sans que l'on n'en sache rien, dans le plus grand secret. Evacuons, de suite, cet argument qui n'en est pas un. En effet, une négociation de ce type suppose que (i) le Conseil des Ministres et le Parlement européens aient d'abord discuté et débattu longuement de l'utilité et des inconvénients et des avantages, d'un tel accord; (ii) que, par après, les mêmes Ministres et Parlementaires aient arrêté - ce fut fait le 14 juin 2013 - '*le mandat de négociation*' de la Commission pour ses pourparlers ;(iii) que, comme le dispose l'article 207 du Traité de Lisbonne, ces : « *négociations sont conduites par la Commission, en consultation avec un Comité spécial, désigné par la Commission, pour l'assister dans cette tâche, et dans le cadre des directives que le Conseil peut lui adresser, la Commission [faisant] rapport régulièrement au Comité spécial ainsi qu'au Parlement Européen, sur l'état d'avancement des négociations* » ; (iv) que la Commission ne « conclura » pas l'accord qu'elle aura négocié, sans que le Conseil et le Parlement Européen en ait débattu, à satiété, son adoption exigeant la majorité qualifiée pour les questions de commerce des marchandises, et l'unanimité pour le commerce des services, de la propriété intellectuelle , ainsi que des investissements, du transport, de la culture et des services sociaux.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Avocat à la Cour d'Appel, ancien Directeur à la Commission européenne.

Sachons-le, les procédures sont respectées. Rien ne se fait et ne se fera en catimini. Mais, une négociation serait vouée à l'échec si tous ceux intéressés et intéressants se trouvaient à la table des pourparlers.

Si Gilles **Bazin** et moi-même avons pris l'initiative de cette séance, c'est dans le but de tenter de lever nombre d'interrogations à propos de ce projet d'Accord - car il y en a beaucoup - et ce, en nous appuyant sur trois éminentes personnalités qui connaissent le sujet.

Le projet d'Accord Transatlantique qui se construit nous semble être, en effet, comme jamais il n'en fut. D'où les interrogations et les peurs, toute deux légitimes, qu'il peut susciter.

Des accords, multilatéraux ou bilatéraux, il y en eut toujours et il en est de nombreux. Tous visent ou visaient d'améliorer les échanges et portaient et portent exclusivement sur le démantèlement des instruments de « politique commerciale » mis en œuvre par les pays. Le GATT, l'OMC, le TTP, l'Accord que les États-Unis viennent de signer avec onze pays du pourtour de l'Océan Pacifique, comme la cent-cinquantaine d'accords bilatéraux passés par la CEE ou l'Union européenne avec les pays tiers relèvent de ce type.

L'Accord Transatlantique, c'est tout autre chose. Évidemment les épineuses questions commerciales qui ont scandé les relations commerciales entre les USA-Unis et l'UE depuis 1960 en feront partie. Mais il s'agit de beaucoup plus, d'un « Accord de troisième génération » comme un certain Pascal **Lamy** l'a qualifié dans une interview récente donnée au journal *Les Echos*. Son objet est de s'entendre sur les standards économiques, des normes sociales, des règles bancaires ou financières, les contraintes environnementales, les approches éthiques ou même morales, qui sont autant d'obstacles aux échanges, qui freinent la croissance et le plein emploi. Ira-t-on jusqu'à adopter des règles communes, ou se contentera-t-on d'harmoniser les pratiques respectives, suivant le principe d'équivalence ? Qui assurera le contrôle des engagements pris de part et d'autre ? La puissance publique interviendra-t-elle ou laissera-t-on les acteurs privés trouver la solution à leur conflit ? Quid de la Politique Agricole Commune ? Du Farm Bill ?

Comme je l'ai dit précédemment les questions, les interrogations, sont donc nombreuses. Et elles ne sont pas « de la roupie de sansonnet » ou affaires seulement d'entrepreneurs ou de négociants. Mes enfants, mes petits-enfants, que deviendront-ils, en définitive ? A quelle sauce, ils seront mangés ? Seront-ils « américains » ou « européens » ?

Trois intervenants ont été choisis pour nous ouvrir l'esprit. De grande compétence et de haute qualité, puisqu'il s'agit en premier lieu de Pascal **Lamy** (dont j'ai rédigé un CV, un peu personnel, que vous trouverez sur le site de l'Académie) Il s'est engagé à répondre à la question, suivante :

Avec le TAFTA, succédant à l'Accord de Partenariat signé déjà avec le Canada, l'Union Européenne s'achemine-t-elle, avec les Etats-Unis, vers une nouvelle organisation du commerce international de type « bilatéral », au dépens de ce qu'elle a été jusqu'à présent, de type multilatéral sous l'empire des règles et dispositions de l'OMC ?

Qui mieux que Pascal **Lamy**, ancien Commissaire au Commerce à la Commission, ancien directeur général de l'OMC, pouvait nous « instruire » sur l'avenir de la politique extérieure commune ?

Notre deuxième Conférencier sera Dominique **Pihon**, Professeur d'Économie à Paris-Nord, spécialiste de l'analyse des conséquences de la globalisation financière, qui traitera des « *Enjeux économiques et Financiers des processus de négociations commerciales en cours* ».

Le troisième intervenant sera Thierry **Pouch**, l'homme des Études à l'APCA, qui nous exposera les « *Enjeux agricoles et agroalimentaires des négociations commerciales UE/USA* ».

A la suite de chacune de ces 3 interventions, les Conférenciers ont accepté de répondre à 3 ou 4 questions.

Enfin, Gérard **Viatte**, notre Confrère suisse de la section X, ancien Directeur des Affaires agricoles à l'OCDE, a bien voulu accepter de tirer les *Conclusions* de notre séance sur le fond et ce que nous ferions dans le futur sur ce sujet.

LES ENJEUX DES PROCESSUS DE NÉGOCIATIONS COMMERCIALES EN COURS : L'EXEMPLE DU TRAITÉ TRANSATLANTIQUE

par Dominique **Plihon**¹

L'objectif des négociations commerciales menées actuellement, dans la perspective de la signature d'un traité transatlantique (TAFTA), est de supprimer tous les obstacles aux échanges de biens, de services et de capitaux entre les États-Unis et l'Europe. Ce traité est loin de faire l'unanimité quant à ses effets futurs, s'il était mis en œuvre. Ses défenseurs font valoir que le libre-échange apportera une amélioration du bien-être des populations des pays concernés, notamment un surcroît de croissance économique. En réalité, les gains économiques sont très incertains. Les travaux menés par la Commission européenne, utilisant des modèles économétriques, aboutissent à la conclusion que le gain en croissance serait faible, de l'ordre de +0.5%, ce qui correspond à la marge d'erreur des modèles utilisés.

Au-delà de ses bénéfices économiques incertains, le TAFTA soulève de redoutables problèmes par le contenu-même des négociations. Celles-ci portent non seulement sur les droits de douane (qui sont déjà très bas), mais aussi sur les normes financières, sociales, sanitaires et environnementales. La priorité étant donnée à la réduction des obstacles au libre-échange, l'harmonisation des normes ne pourra se faire que vers le bas. Avec des conséquences négatives inévitables sur le bien-être des populations.

Un autre volet important des négociations porte sur l'instauration de tribunaux d'arbitrage, chargés de résoudre les conflits futurs entre les États et les entreprises transnationales. Il s'agit de mettre en place une justice supranationale, rendue par des juges privés, où les États se situeraient au même niveau que les entreprises. Une décision politique, même si elle est le résultat d'un vote démocratique, pourra être sanctionnée si elle n'est pas conforme aux dispositions du traité et nuit à l'intérêt des investisseurs.

Les entreprises transnationales seraient les grandes gagnantes de ce traité. Leurs lobbies sont au cœur des négociations et exercent de fortes pressions sur les autorités publiques. Mais ce traité suscite l'opposition de la majorité des citoyens européens, d'après les sondages, parce que ceux-ci ont réalisé qu'il menace leur mode de vie, la souveraineté des États et la démocratie. Derrière le TAFTA, et le CETA (entre l'Europe et le Canada), il y a en réalité un véritable choix de société.

LES ENJEUX AGRICOLES DE LA NÉGOCIATION TRANSATLANTIQUE

par Thierry **Pouch**²

L'essoufflement du multilatéralisme commercial conduit un grand nombre de pays à multiplier les accords préférentiels régionaux, bilatéraux voire transcontinentaux. C'est dans ce cadre que s'inscrit la négociation transatlantique enclenchée en 2013. La particularité de ce projet de partenariat entre les États-

¹ Professeur d'économie à l'université Paris 13, membre du réseau des économistes atterrés.

² Responsable des études économiques à l'APCA (Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture), Rattaché au laboratoire Regards de l'Université de Reims

Unis et l'Union européenne réside dans le fait que, dès l'ouverture des cycles de négociation, l'agriculture a constitué l'une des principales pierres d'achoppement.

Il est par conséquent suggéré d'examiner de près les enjeux agricoles de cette négociation. Quels en sont les bénéfices potentiels que les deux partenaires pourraient en retirer? Quelles sont les menaces que fait porter un tel accord sur l'agriculture européenne, et singulièrement française? Un tel exercice requiert de dresser un panorama des principaux indicateurs économiques et commerciaux des forces en présence. Qu'elles soient multilatérales, régionales ou bilatérales, les négociations commerciales - et sur l'investissement dans le cas présent - montrent que le secteur agricole demeure encore et toujours le foyer de tensions concurrentielles importantes.

SÉANCE SUR LE TRAITÉ TRANSATLANTIQUE

CONCLUSION

par Gérard Viatte¹

Mon parcours personnel m'a conduit à être témoin de la diversification et la complexification croissantes des relations économiques internationales et des accords internationaux. Le Traité transatlantique en cours de négociation entre l'Union européenne et les États-Unis (TTIP) est l'exemple le plus récent et le plus caractéristique de cette évolution. Comme nous avons pu l'entendre, le sujet est hautement controversé. Il requiert donc une analyse factuelle pour l'éclairer. Par ailleurs, les négociations sont en cours et il n'y a pas lieu de tirer des conclusions définitives aujourd'hui. Je vais cependant essayer, à titre personnel, de mettre en relief les 5 points qui me paraissent essentiels.

1. Considérant qu'une négociation commerciale « classique » ne répond plus à la réalité économique actuelle, le TTIP cherche à appréhender tous les secteurs et plusieurs activités économiques au-delà du commerce dans une négociation internationale. Pour reprendre les termes de Pascal Lamy, il s'agit bien d'un projet d'accord de « Troisième Génération ». Passer de TAFTA (« Free Trade Agreement ») à TTIP (« Trade and Investment Partnership ») est plus qu'un glissement sémantique. C'est une réponse à la « globalisation », qui se caractérise non seulement par la « mondialisation géographique », mais surtout par une interdépendance croissante de tous les secteurs et activités économiques.

Aujourd'hui, les échanges internationaux portent sur des « chaînes de valeur globales » ou des « réseaux de production », plus que sur des produits finis fabriqués dans un seul pays. Le système commercial est utilisé non seulement pour vendre des biens, mais pour les fabriquer, pour reprendre les termes du Professeur Richard Baldwin. Il est donc nécessaire de lier commerce, investissements et cadres réglementaires dans une négociation globale. Si la réduction des obstacles tarifaires aux échanges reste un objectif premier, les « obstacles non-tarifaires », et plus généralement les divers types de réglementation, sont au centre des nouvelles négociations. Celles-ci impliquent de plus en plus des « régulateurs » et non seulement des « commerciaux ». On trouve donc au cœur du débat les « règles de précaution », à savoir la protection du consommateur, comme l'a souligné Pascal Lamy.

2. L'agriculture et le secteur agro-alimentaire demeure comme par le passé un élément important et sensible de la négociation. Comme d'autres secteurs, le secteur est concerné par tous les aspects de la négociation et doit donc être pris en considération dans l'ensemble du processus.

¹ Membre étranger de l'Académie, ancien directeur de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Pêcheries à l'OCDE.
C.R.Acad. Agric. Fr., 2015, 101, n°3.

– La question « classique » de la réduction des diverses formes de protection à la frontière doit prendre en compte les systèmes et les niveaux de protection UE et USA, qui demeurent généralement plus élevés que pour d'autres secteurs et qui surtout connaissent des « pics » pour certains produits. L'expérience et les méthodes existent pour une telle négociation tarifaire et ne posent pas de problème « conceptuel ». Comme par le passé, la libéralisation profitera à certains secteurs et sera difficile pour d'autres [voir la présentation très complète de Thierry Pouch qui prend notamment en compte l'étude approfondie du CEPII]. Selon les études d'impact, les flux d'échange pourraient augmenter sensiblement dans les deux sens en pourcentage, mais leur importance quantitative resterait limitée par rapport à d'autres secteurs. Pour l'UE, la concurrence se durcirait dans le secteur bovin, mais les perspectives seraient positives pour les exportations de produits agricoles transformés (dont les boissons). Celles-ci connaîtraient un pourcentage de croissance aussi élevé que pour les produits chimiques. Le secteur agro-alimentaire pourrait donc bénéficier d'un accroissement de la valeur ajoutée.

– La question essentielle est de définir les modalités d'application à l'agriculture des autres éléments de la négociation – notamment les normes environnementales et sanitaires. Sur ce point, le secteur agricole et agro-alimentaire est en « première ligne ». C'est une question très difficile, notamment pour trouver une équivalence ou une harmonisation entre des normes qui ressortent de systèmes nationaux différents, et pour le cas échéant exclure certains biens ou services (comme on le fait pour l'audio-visuel) de cette harmonisation. La reconnaissance mutuelle des normes est un premier moyen, mais on pourrait aller au-delà et viser une convergence réglementaire, éventuellement progressive, et arriver dans certains cas à des standards communs. Cette tendance a pu être présentée comme une menace; mais c'est aussi une chance pour créer des bases transparentes et des conditions de concurrence plus égales, dont le secteur agro-alimentaire serait l'un des premiers à bénéficier. Comme ces normes ont un impact sur l'ensemble de la société, tous les partenaires et négociateurs y sont particulièrement attentifs. Ainsi tous les organes de l'UE (Conseil, Parlement, Commission) ont souligné que, dans la négociation TIPP, les standards européens seront maintenus, voire renforcés, et que le processus de décision national en matière de réglementation serait maintenu. Il est ainsi stipulé que les réglementations européennes sur les OGM, le bien-être animal et la sécurité alimentaire ne seraient pas affectées. De manière générale, la simplification et la clarification des réglementations et des procédures produiraient des gains sensibles pour les acteurs économiques, notamment pour les PME, nombreuses dans le secteur agro-alimentaire.

L'un des sujets les plus délicats de la négociation portera sans doute sur les indications géographiques de provenance (IGP). Dans ce domaine, l'Europe et les Etats-Unis ont une philosophie très différente et il sera malaisé de trouver une solution acceptable par tous. Les intérêts de nombreux pays européens sont très importants dans ce domaine et les négociations devront être suivies de près.

3. Le caractère global de la négociation nécessite de nouvelles méthodes de négociation. Malgré la complexité, il faut assurer la transparence et impliquer les acteurs économiques, notamment agricoles, et les représentants de la société civile, très concernés par les enjeux. Du côté européen, le Conseil avait défini un mandat de négociation précis le 17.06.2013 et le Parlement avait émis des recommandations détaillées le 08.07.2015. La Commission négocie dans ces cadres et informe régulièrement les partenaires (p.ex. après le XIème round de négociations tenu récemment à Miami). Elle publie ses propositions de négociation, comme elle vient de le faire sur le sujet très controversé du système juridictionnel des investissements, après consultation du Conseil et du Parlement. Il est rare qu'une négociation internationale implique autant de consultations avec la société civile (la Commission déclare mener des consultations avec 400 partenaires de la société civile !). Plus fondamentalement, les Parlements sont devenus des acteurs majeurs de la négociation et apportent une sanction démocratique. Le Parlement européen est associé à tous les stades et pas seulement pour la ratification finale. Certaines des meilleures analyses du TTIP ont aussi été faites à la demande du Parlement, par exemple celle du CEPII déjà mentionnée. Cette implication forte du Parlement (et du Congrès américain) se justifie par les « enjeux sociétaux » du TTIP. « Le politique » revient au premier plan et l'emporte sur les experts techniques.

4. Si les négociations aboutissent, la mise en œuvre du TTIP devra être suivie de très près. Le principal défi sera de mettre sur pied un système juridictionnel pour les investissements, un sujet très controversé en ce qui concerne les conflits entre investisseurs et Etats – une question qui n'est pas propre au TTIP (RDIE = ISDS : Investor-State Dispute Settlement). D'ailleurs, la Commission précise que sa récente proposition sur le sujet, très détaillée sur le plan juridique, pourra servir d'exemple pour remplacer les anciens systèmes qui ne donnent pas satisfaction, ou pour d'autres accords. Sur plusieurs points majeurs, cette proposition constitue, à mon avis, un progrès. Le TTIP pourrait dans ce cas jouer en quelque sorte un rôle « d'incubateur ».

Plus généralement, le système de règlement des différends introduit dans l'Accord de Marrakech est l'une des réussites incontestables de l'OMC – au point d'être aujourd'hui « saturé » car d'autres institutions y font aussi appel. Il peut donc servir de modèle pour le TTIP, et pour d'autres accords similaires.

5. Le problème fondamental de la coexistence entre des accords régionaux et un système multilatéral à vocation mondiale comme l'OMC a été posé depuis très longtemps. Il devient de plus en plus aigu, surtout lorsque se développent des accords régionaux concurrents sur la même région (exemple des propositions de la Chine, en parallèle au TPP). En fait, c'est tout le système de coopération internationale qui est en cause, bien au-delà de la seule dimension commerciale – donc au-delà de l'OMC actuelle. La structure des organisations internationales économiques ne colle plus vraiment à la réalité économique et géo-politique actuelles. Cela dit, il n'est pas réaliste d'avoir pour objectif un « big bang » des institutions internationales : une vaste architecture centralisée et pyramidale de type onusien ne serait ni souhaitable, ni viable. Il faudrait défricher ce vaste chantier de manière progressive, en partant des situations concrètes : un processus « bottom up » plutôt que « top down », visant à améliorer la cohérence des politiques. La coopération demandée par le G20, sous présidence française, après la crise alimentaire de 2008, est un exemple qui a impliqué toutes les organisations internationales compétentes en matière agricole (FAO, PAM, FIDA, OCDE, OMC, Banque mondiale, etc.). On pourrait faire un pas de plus et imaginer un socle de règles communes qui s'imposeraient à tous, avec des possibilités de variantes adaptées. Certaines disciplines des grands accords régionaux pourraient être multilatéralisées, ou certains principes généraux être appliqués à tous les accords régionaux sous l'impulsion de l'OMC. Vu son importance stratégique et économique, le TTIP pourrait jouer un rôle clé dans un tel processus. Pour le secteur agricole, il serait très important que des liaisons soient établies entre les accords de type TIPP et certains accords environnementaux (climat, biodiversité...) et sanitaires (accord sanitaire et phytosanitaire FAO/OMS).

CONCLUSION PRATIQUE

Cette séance a ouvert un débat au sein de l'Académie, mais elle ne pouvait pas apporter de réponse définitive puisque le processus de négociation est en cours. Il serait hautement souhaitable que l'Académie suive de près cette négociation et qu'elle poursuive ses discussions pour pouvoir participer activement aux réflexions, quel que soit l'avenir et le calendrier de la négociation. Cette réflexion pourrait s'articuler avec celle sur la nouvelle PAC, qui devra aussi intégrer de plus en plus de nouvelles dimensions, notamment environnementales. Pour ce faire, l'Académie pourrait notamment approfondir l'analyse des thèmes agricoles et agro-alimentaires, en dépassant l'aspect uniquement commercial et en mettant l'accent sur l'impact des autres dimensions de la négociation. A cet effet, elle devrait capitaliser sur son approche multi-disciplinaire et sa composition multi-acteurs, qui la distinguent d'autres représentants de la société civile.

RÔLE DE L'ALIMENTATION PÉRINATALE SUR LA MISE EN PLACE DE SYSTÈMES DE DÉFENSE OU D'HOMÉOSTASIE DE L'ORGANISME

INTRODUCTION

par Jean-Michel Wal¹

Durant la période périnatale, c'est à dire pendant la gestation, l'allaitement puis le sevrage et le passage à des aliments solides et variés, une alimentation équilibrée vise bien évidemment à apporter, sur le plan qualitatif et quantitatif, les nutriments nécessaires à l'entretien et à la croissance du bébé.

Cette période correspond aux fameux « 1000 jours » déterminant pour la mise en place et le développement de systèmes de défense et d'homéostasie de l'organisme et elle comporte des étapes clés : des moments critiques au cours desquels l'apport d'aliments ou de composés alimentaires spécifiques est crucial. Ces « fenêtres d'exposition » font intervenir, dans un contexte génétique et des états physiologiques particuliers, des facteurs extérieurs, environnementaux ou nutritionnels. Ceux-ci peuvent être qualifiés d'adaptatifs ou épigénétiques et constituent autant de stimuli qui contribuent à la programmation métabolique de l'individu en entraînant des effets structurels ou fonctionnels permanents pouvant être transmissibles aux générations suivantes.

L'impact de ces « fenêtres d'exposition » avec l'apport des nutriments requis à ces moments précis est déterminant pour la santé future de l'individu voire de sa descendance ; leurs conséquences sont importantes sur le plan métabolique comme sur d'autres aspects, tels qu'adaptation et prévention, apprentissage, comportement. Cependant leur rôle n'a pas toujours été bien connu ou compris et les conseils nutritionnels qui devraient en découler ont souvent varié.

Un exemple désormais classique de tels effets a été décrit sous la dénomination : « *Grow now-pay later* » (Metcalf, 2001). À partir du suivi de cohortes, d'expérimentations et d'études épidémiologiques chez le bébé humain une programmation nutritionnelle du risque cardio vasculaire et de l'obésité a été observée. C'est ainsi qu'il a été montré i) que l'allaitement maternel diminue le risque de maladie cardio vasculaire et d'obésité, ii) qu'il s'agit essentiellement d'un effet à long terme d'une croissance (trop) rapide du nourrisson dans la période néo-natale, iii) plus généralement qu'un rapide gain de poids en période néo-natale augmente à la fois le risque d'obésité, d'insulino résistance et le risque cardio vasculaire. Ainsi 20% du risque futur d'obésité est associé à un surpoids du nourrisson entre 0 et 4 mois (Stettler *et al.*, 2002).

Une conséquence pratique à tirer de ces études est que pour diminuer le risque métabolique ultérieur, il faut éviter une croissance trop rapide du nouveau né, qui peut être liée au régime nutritionnel et également à des facteurs environnementaux et culturels. Une solution a été proposée de modifier les formules des laits de substitution et de réduire la teneur protéique.

Cette séance propose de faire le point sur les connaissances actuelles des mécanismes par lesquels des apports alimentaires adaptés, proposés au bon moment, peuvent influencer en particulier :

- i) sur la mise en place d'un microbiote intestinal approprié dans sa composition et ses fonctions

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Chargé de mission INRA.
C.R.Acad. Agric. Fr., 2015, 101, n°3.

- ii) sur l'orientation de la réponse immunitaire vers la tolérance orale et la prévention des allergies et intolérances alimentaires et
- iii) sur le développement neurologique et cérébral voire l'apprentissage du goût et du bien manger.

Ces analyses pourront déboucher sur une actualisation des recommandations nutritionnelles adaptées à cette période de la vie.

IMPACT DE L'ALIMENTATION PÉRINATALE SUR LA MISE EN PLACE DU MICROBIOTE INTESTINAL ET DE SES FONCTIONS

par Gérard **Corthier**¹

Le nouveau-né humain vient au monde dépourvu de bactéries. Mais dès l'accouchement il entre en contact avec le monde bactérien. Débute alors une longue histoire microbiologique pendant laquelle différentes populations de bactéries vont se succéder dans son tractus digestif pour constituer progressivement sa « flore intestinale » désignée maintenant sous le nom de microbiote. Cette histoire, assez mal connue, est soumise à de nombreuses influences dont l'alimentation. Il semble même que durant la gestation la mère transmette des informations sur son propre microbiote qui influenceront celui de l'enfant. Les premières différences notables entre enfants sont observées selon le mode d'accouchement (voie basse ou césarienne) et l'alimentation (allaitement maternel ou lait artificiel). Durant les 2 premières semaines de vie de l'enfant, la majorité des bactéries du microbiote peut être cultivée par des méthodes « classiques ». Ces bactéries « préparent » le tractus digestif pour la colonisation par des bactéries anaérobies dont les populations se succèdent. Très vite le microbiote devient trop complexe pour être étudié par des méthodes de dénombrements bactériens. Il faut recourir aux méthodes récentes de séquençages (ARN 16s ou métagénomique) ce qui explique notre ignorance actuelle sur les « vagues » successives de colonisation. Le passage d'une alimentation lactée à une alimentation solide, même partielle, voit l'explosion de la diversité du microbiote. Par des marqueurs très indirects, on estime qu'un microbiote complexe, proche de celui de l'adulte, n'apparaît pas avant l'âge de 2 ans. Il est très probable que ce délai soit trop court.

Pour comprendre l'importance de la diversité du microbiote nous analyserons ses fonctions chez l'homme adulte. Ensuite nous étudierons quels sont les facteurs qui peuvent avoir un effet significatif sur cette diversité en distinguant ceux imposés (le mode d'accouchement ou l'hygiène) et ceux modulables comme l'alimentation et l'intervention directe sur le microbiote.

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, Directeur de Recherche Honoraire de l'INRA.

IMPACT DE L'ALIMENTATION PÉRINATALE SUR LA RÉPONSE IMMUNITAIRE ET LA PROPENSION A DÉVELOPPER UNE ALLERGIE OU UNE INTOLÉRANCE ALIMENTAIRE

par Jocelyne Just¹

L'allergie alimentaire : l'épidémiologie

Au cours des deux dernières décennies, les allergies alimentaires sont devenues plus fréquentes, avec un délai de guérison naturelle plus long au cours de l'enfance^{1, 2}. L'anaphylaxie mortelle, qui est le risque ultime de l'allergie alimentaire, est encore d'actualité³. Une méta-analyse rapporte que le lait, l'œuf, l'arachide et les fruits à coques sont les aliments les plus fréquemment responsables d'allergie dans la population générale (notamment en pédiatrie)⁴. Les réactions d'hypersensibilité aux allergènes alimentaires couvrent un large spectre clinique allant du prurit léger à l'anaphylaxie mortelle. S'il est vrai que certains types d'hypersensibilité peuvent disparaître au cours de l'enfance (comme l'allergie aux protéines de lait de vache et à l'œuf de poule), l'allergie à l'arachide a tendance à être persistante et à risque de réactions anaphylactiques mortelles.

À ce jour, la prise en charge thérapeutique de l'allergie alimentaire repose sur l'éviction stricte de l'allergène et l'automédication enseignée de l'adrénaline auto-injectable. Mais cette prise en charge, n'améliore pas la qualité de vie du patient, avec la peur de l'anaphylaxie en raison du risque potentiel d'ingestion accidentelle de l'allergène masqué dans l'alimentation⁵. Des études ont rapporté que l'ingestion accidentelle d'allergènes peut se produire chez 40-75% des patients, même chez ceux qui sont très observant d'une éviction stricte, ce qui explique l'inquiétude des patients et de leurs familles et la nécessité de mettre en œuvre d'autres modalités thérapeutiques⁶.

Prévention de l'allergie alimentaire

Compte tenu des limites du traitement de l'allergie alimentaire, la prévention est devenue un point majeur de la prise en charge. La théorie dominante avait été que l'éviction des aliments chez les nourrissons était la pierre angulaire dans la prévention du développement de l'allergie alimentaire et cela a ensuite été extrapolé aux femmes enceintes. En 2008, La Société Européenne de Pédiatrie et La Société Européenne de Gastroentérologie, hépatologie et Nutrition ainsi que l'Académie Américaine de Pédiatrie ont révisé leur position sur l'introduction retardée de produits laitiers, des œufs et des noix, pour les proposer en même temps que les autres aliments solides à partir de 17 semaines et pas plus tard que 26 semaines, affirmant qu'il n'y avait "aucune preuve convaincante pour retarder leur introduction pour un effet protecteur sur le développement des maladies atopiques"⁷. En effet, les études sur l'introduction retardée des aliments supposés allergisants ont des résultats disparates.

Pour la première fois, une étude prospective (LEAP study)⁸ publiée en février 2015 dans le New England Journal of medicine, a pour objectif la prévention primaire et secondaire de l'allergie à l'arachide par une introduction précoce de l'arachide dans l'alimentation dans les 5 premières de vie. 640 nourrissons à haut risque (présentant une dermatite atopique et/ ou une allergie à l'œuf, âgés de 4 à 11 mois) sont randomisés en 2 groupes : (1) consommation régulière de produits à base d'arachide au moins 3 fois par semaine (6 g. de protéines d'arachide, ce qui équivaut à 24 g d'arachide ou 3 cuillères à café de beurre de cacahuètes par semaine) (2) ou éviction complète de l'arachide.

¹ Centre de l'Asthme et des Allergies. Hôpital d'Enfants Armand-Trousseau - 26, Avenue du Dr. Arnold Netter, 75571 PARIS Cedex 12 – UPMC Univ. Paris 06. France.

542 nourrissons avaient tests cutanés allergologiques (TCA) à l'arachide négatifs à l'entrée, 98 nourrissons avaient un TCA positif (diamètre de la papule à l'arachide comprise entre 1 et 4 mm), 76 nourrissons avaient été exclus à l'entrée dans l'étude car ils présentaient un TCA positif avec un diamètre de la papule à l'arachide supérieure à 5 mm) donc un très fort risque d'être allergique à l'arachide. Dix sept pour cent des enfants du groupe ayant un régime alimentaire sans arachide comparativement à 3 % dans le groupe qui consommait régulièrement de l'arachide ont réagi lors du test de provocation à l'arachide réalisé à l'âge de 5 ans.

L'effet positif sur la prévention de l'allergie à l'arachide a été retrouvé pour le groupe sensibilisé (SPT positif) (prévention secondaire) et le groupe sans sensibilisation initiale (SPT négatif) (prévention primaire). Ces résultats étaient similaires chez les enfants caucasiens, les noirs et asiatiques (Indiens et Pakistanaises).

Il y a maintenant des preuves scientifiques (niveau 1 de preuve à partir d'un essai contrôlé randomisé) pour recommander l'introduction de produits contenant de l'arachide tôt dans la vie (entre 4 et 11 mois d'âge) dans le régime de "nourrissons à haut risque" et vivant dans les pays où l'allergie à l'arachide est répandue et après réalisation de TCA. Cependant, il n'y a pas de données prospectives randomisées sur le bénéfice de l'introduction précoce d'arachide chez des enfants ayant un faible risque d'allergie à l'arachide.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) BRANUM AM, LUKACS SL., 2008. – Food allergy among U.S. children : trends in prevalence and hospitalizations. NCHS Data Brief, 1-8.
- (2) KANNY G, MONERET-VAUTRIN DA, FLABBEE J, BEAUDOUIN E, MORISSET M, THEVENIN F., 2001. – Population study of food allergy in France. J Allergy Clin. Immunol., **108**, 133-40.
- (3) DE SILVA IL, MEHR SS, TEY D, TANG ML., 2008. – Paediatric anaphylaxis: a 5 year retrospective review. Allergy, **63**, 1071-6.
- (4) ROSS MP, FERGUSON M, STREET D, KLONTZ K, SCHROEDER T, LUCCIOLI S., 2008. – Analysis of food-allergic and anaphylactic events in the National Electronic Injury Surveillance System. J Allergy Clin. Immunol., **121**, 166-71.
- (5) SICHERER SH, NOONE SA, MUNOZ-FURLONG A., 2001. – The impact of childhood food allergy on quality of life. Ann Allergy Asthma Immunol., **87**, 461-4.
- (6) BOYANO-MARTINEZ T, GARCIA-ARA C, PEDROSA M, DIAZ-PENA JM, QUIRCE S., 2009. – Accidental allergic reactions in children allergic to cow's milk proteins. J Allergy Clin. Immunol., **123**, 883-8.
- (7) GREER FR, SICHERER SH, BURKS AW., 2008. – Effects of early nutritional interventions on the development of atopic disease in infants and children: the role of maternal dietary restriction, breastfeeding, timing of introduction of complementary foods, and hydrolyzed formulas. Pediatrics, **121**, 183-91.
- (8) DU TOIT G, ROBERTS G, SAYRE PH, BAHNSON HT, RADULOVIC S, SANTOS AF, BROUGH HA, PHIPPARD D, BASTING M, FEENEY M, TURCANU V, SEVER ML, GOMEZ LORENZO M, PLAUT M, LACK G., 2015. – LEAP Study Team. Randomized trial of peanut consumption in infants at risk for peanut allergy. N. Engl. J. Med., **26**, 803-13.

IMPACT DE L'ALIMENTATION PÉRINATALE SUR LE DÉVELOPPEMENT CÉRÉBRAL ET NEUROLOGIQUE

par Jean-Marie Bourre¹

Les structures du cerveau se mettent en place pendant la période péri-natale, (c'est-à-dire autant pendant la grossesse que pendant les 2 ans suivant la naissance ; les 1 000 jours cruciaux), selon une chronologie parfaitement ordonnancée par les gènes. Pendant le développement du cerveau, toute étape manquée, ou perturbée, ne sera que peu ou mal rattrapée, ultérieurement. Or, le cerveau s'élabore puis maintient ses structures, et donc fonctionne, obligatoirement à partir des substances présentes dans les nutriments de l'alimentation ; comme d'ailleurs tous les organes du corps humain. Il s'agit des 13 vitamines, de la quinzaine de minéraux et d'oligo-éléments, de 3 acides gras indispensables notamment 2 oméga-3, de 10 acides aminés. De surcroît, les particularités fonctionnelles du cerveau impliquent des besoins alimentaires spécifiques.

Tout d'abord, le cerveau exige de l'énergie, en permanence et sans à-coups, jour et nuit. C'est-à-dire du carburant (le glucose, mais aussi les corps cétoniques pour le nourrisson) et du comburant (l'oxygène). Le cerveau capte environ 80 % de l'énergie que le nouveau-né absorbe (pour l'adulte, au repos, il utilise à lui seul 20 % de l'énergie alimentaire totale consommée, soit plus de 50 % des glucides absorbés, et 20 % de l'oxygène respiré). L'oxygène parvenant au cerveau est transporté par les globules rouges ; qui se doivent de contenir suffisamment de fer, puisé obligatoirement dans les aliments. Qui plus est les cytochromes oxydases, impliquées dans la production d'énergie *in situ*, nécessitent le fer. Ainsi, le QI de l'enfant (à 8 ans), est proportionnel au fer dosé dans son cordon ombilical, quelle que soit son alimentation pendant ses premières années de vie. Nombre de fatigues nerveuses et de maladies qui traînent ne sont que l'expression de la carence en fer ; en France, cela concerne directement une femme sur quatre ; ce qui est préoccupant pour la santé du fœtus, pendant la grossesse.

Les neurotransmetteurs, agents de transmission entre les neurones sont des substances formées, pour certaines, d'acides aminés indispensables puisés dans les protéines alimentaires ; comme le sont ceux qui constituent les innombrables protéines cérébrales, aux fonctions multiples. En conséquence, le déficit en certains acides aminés indispensables peut provoquer des altérations de fonctions cérébrales.

Le cerveau, assemblage de membranes, constitue l'organe le plus riche en graisses (lipides, les mots sont synonymes), juste après le tissu adipeux. Elles ne contribuent en rien à la production d'énergie, mais participent directement à la complexe architecture des membranes biologiques de toutes les structures nerveuses, cellulaires et subcellulaires, assurant identités et fonctions. Parmi les lipides alimentaires se distinguent les oméga-3 (insuffisamment consommés par les femmes enceintes). Leur réduction affecte notamment le développement neurologique et comportemental du nourrisson, puis le QI de l'enfant ; mais aussi sa vision et son audition ; elle peut ensuite favoriser certaines pathologies, psychiatriques ou neurologiques. Par ailleurs, la grossesse dure... 18 mois. En effet, une partie des acides gras indispensables au cerveau du fœtus proviennent obligatoirement du tissu adipeux de sa mère. Or, la demi-vie des acides gras y est de l'ordre de l'année. Pour qu'un acide gras saturé par exemple, soit remplacé par un acide gras oméga-3, il faut compter plusieurs mois avant la conception.

Qu'en est-il des vitamines ? Le déficit alimentaire en vitamine B1 et B3 est dangereux pendant la période périnatale (chez l'adulte, ce sont, pour la B1, le « béri-beri », mot qui signifie la double impuissance,

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, et de l'Académie de Médecine. Ancien directeur des unités Inserm de Neuro-toxicologie puis de Neuro-pharmaco-nutrition.

cérébrale et nerveuse ; et, pour la B3, le « mal de la teste »). Pendant la grossesse, le déficit en vitamine B9 (l'acide folique) provoque de redoutables anomalies lors de l'élaboration du système nerveux de l'enfant. La vitamine E, aidée par le sélénium, protège contre les per-oxydations. La vitamine B12 intervient notamment dans la régulation du sang et de ses cellules (et donc, indirectement, sur l'irrigation du cerveau), et aussi dans la synthèse de neurotransmetteurs. Exemple extrême : des nourrissons soumis à des jus végétaux, avec exclusion du lait, ont présenté des altérations définitives de leur cerveau, et certains sont décédés à cause du déficit grave en vitamine B12.

Qu'en est-il des minéraux et oligo-éléments ? Le zinc participe aux mécanismes de la perception du goût et à l'olfaction ; donc directement à la prise alimentaire. La restriction en iode rend crétin, terme initialement strictement médical, signifiant le déficit en cet oligo-élément, particulièrement pendant la grossesse. Les implications du magnésium sont largement reconnues.

Le plaisir, tout particulièrement alimentaire, s'inculque, et donc s'enseigne. Depuis peu, la neurophysiologie explique parfaitement pourquoi il faut apprendre à manger, tout autant qu'il convient d'apprendre à marcher, parler, lire ou écrire. C'est-à-dire organiser des circuits de neurones dédiés. Avant tout, pour que l'enfant puis l'adulte sache se nourrir, il faut qu'il y ait été initié.

CONCLUSION

par Gérard Pascal¹

Après avoir entendu trois exposés brillants, chacun est convaincu, s'il en était besoin, de l'importance de l'alimentation périnatale. Elle peut avoir des conséquences immédiates ainsi que des effets à plus long terme.

C'est ainsi que les apports en acides gras de la série n-3 sont déterminants pour le développement du système nerveux central, de même que les apports en la majorité des constituants nutritionnellement indispensables de l'alimentation de la mère et de l'enfant, acides aminés, vitamines et oligoéléments. G. Durand, J.M. Bourre, P. Guesnet et moi-même avons montré il y a plus de 30 ans l'importance de l'alimentation de la mère en acides gras n-3 sur la composition du lait maternel, observation confirmée très récemment (01/12/2015) dans le cas d'une alimentation riche en produits « Bleu-Blanc-Cœur » (produits animaux dont l'alimentation est enrichie en lin).

La fourniture de « briques » pour la construction de l'organisme du futur adulte va donc avoir des conséquences à court terme.

Mais depuis plusieurs années, l'importance de l'épigénétique ne fait que croître. Il s'agit de l'influence des facteurs d'environnement (alimentation, exercice physique, exposition aux toxiques, aux bactéries pathogènes, aux virus, composition du microbiote, ...) sur l'expression des gènes, sans altération de la séquence de l'ADN, par l'intermédiaire de nombreux mécanismes (méthylation de l'ADN, modification des histones, remodelage de la chromatine etc.). Cette influence peut s'observer au travers des générations suivantes, sous la forme de risques d'obésité, d'affections cardiovasculaires, de déséquilibres hormonaux (perturbation endocrinienne), d'allergies et d'intolérances, voire de cancers.

L'ensemble de ces effets à court et plus ou moins long termes, a conduit les pédiatres et les fabricants d'alimentation de l'enfance, à vulgariser le concept de la période clé des « 1000 jours », qui court de la conception à l'âge de 2 ans, en publiant en juin 2014, un « Manifeste pour les 1000 premiers jours de vie... » soutenu par de nombreuses sociétés savantes de pédiatres, gynécologues, nutritionnistes. Le concept de la « *Developmental Origin of Health and Diseases*, (DOHaD) » est aujourd'hui largement accepté et sa promotion en est faite par des scientifiques comme Claudine Junien en France.

De nombreux secteurs sont concernés :

- l'influence des expériences sensorielles précoces sur le comportement alimentaire (2014) ;
- la régulation épigénétique postnatale des cellules souches intestinales par l'intermédiaire du microbiote qui va guider la méthylation de l'ADN (2015) ;
- la sous-nutrition du père qui va perturber la qualité de son sperme et avoir des répercussions intergénérationnelles (2014) ;
- l'exposition aux toxiques naturels ou de synthèse pendant la grossesse et la lactation qui pourrait avoir un impact sur la programmation de désordres métaboliques à l'âge adulte.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Directeur scientifique honoraire de l'INRA, ancien Directeur du CNERNAL-CNRS, Expert en sécurité des aliments à l'OMS.
C.R.Acad. Agric. Fr., 2015, 101, n°3.

Tous ces effets méritent bien sûr confirmation, d'autant que si des raisons physiologiques et biochimiques justifient une plus grande prudence vis à vis de l'exposition aux toxiques de l'enfant, qui mange et boit plus que l'adulte et dont la surface corporelle et le poids du foie sont plus importants, par rapport au poids corporel, il n'est pas établi qu'il soit systématiquement plus sensible que l'adulte.

Au moment de clore cette intervention, je suis perplexe : de nombreuses notions considérées jusqu'alors comme acquises ont été battues en brèche par nos orateurs, à juste titre, comme le fait que l'exclusion précoce n'était pas la solution miracle pour la prévention de l'allergie à l'arachide ou comme notre connaissance des bactéries de notre tube digestif limitée à la « flore » qui ne représentait que moins de 80% du total du microbiote.

Nul doute que les prochaines années verront les concepts actuels modulés, modifiés, critiqués voire contestés, c'est le propre de la connaissance scientifique. Mais ce qui me préoccupe, c'est la croissance de l'anxiété des futurs pères et mères vis à vis de leur alimentation et plus généralement de leur comportement sachant qu'ils auront des répercussions sur l'avenir de leurs enfants et petits enfants. Ceci s'ajoute à la cacophonie qui règne dans le domaine des conseils alimentaires et il me semble plus nécessaire que jamais de prodiguer des conseils simples et de bon sens : mangez varié, sans exclusive ni excès des produits qui, quelle qu'en soit l'origine, sont le plus souvent de qualité dans notre pays. C'est banal, excusez moi !

LA FILIÈRE PLANTES LÉGUMIÈRES EN FRANCE : SON ÉVOLUTIO ET L'APPORT DE LA RECHERCHE

Séance dédiée à Pierre Pécaut et Hubert Bannerot

INTRODUCTION

par André Gallais¹

Cette séance est dédiée à **Pierre Pécaut** et **Hubert Bannerot**, respectivement membre correspondant et membre de l'Académie d'Agriculture. Ils nous ont quittés à quelques mois d'intervalle : Pierre Pécaut le 25 décembre 2013 et Hubert Bannerot le 29 août 2014. Un hommage leur a déjà été rendu. Dans la présentation de cette séance je vais donc brièvement rappeler leur apport à la recherche, à l'amélioration des plantes légumières et au delà à toute la filière plantes légumières.

Pierre Pécaut a été directeur de la station INRA d'Amélioration des plantes maraîchères d'Avignon de 1959 à 1985. Cette station a regroupé au cours du temps des équipes travaillant sur les solanacées à graines, les cucurbitacées, la laitue, l'artichaut, le radis la carotte et la fraise... Comme chercheur, il a conduit des recherches sur l'endive, la tomate et l'artichaut. Il est à l'origine des variétés hybrides chez les espèces légumières autogames, en particulier chez la tomate avec les variétés de type « Montfavet ». Il développera aussi la voie hybride chez l'artichaut. Comme responsable de recherches, il a contribué très significativement à la structuration des recherches sur les espèces légumières à l'INRA et dans le secteur privé au sein de l'Association des Créateurs de Variétés Potagères (ACVPF) et a favorisé le développement de relations entre l'INRA et le secteur privé. Il a été très actif pour la mise en place du catalogue officiel plantes maraîchères (travaux d'identification des variétés) et de la réglementation européenne du secteur semences légumières dans l'Union européenne, qui a conduit à la création du Catalogue Communautaire en 1970. Il a aussi contribué à la direction et l'animation du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Hubert Bannerot a d'abord dirigé dès 1959, le laboratoire "Plantes légumières" de la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles. Il dirigera aussi plus tard, cette station. Le laboratoire "Plantes légumières" de Versailles a regroupé au cours du temps des équipes travaillant sur le haricot, le pois, l'endive, l'oignon, le poireau, les choux, l'asperge, la laitue. Hubert Bannerot a dirigé directement les travaux sur l'amélioration du haricot avec d'importants programmes de transfert de gènes de résistances à des maladies. Chez la laitue, il est à l'origine d'un programme d'introduction de résistances génétiques à des maladies. Il a aussi étendu son activité à l'amélioration de quelques plantes légumières allogames comme l'endive (chicorée à chicon), le chou pommé et l'asperge. Pour l'endive, avec la Fédération Nationale des Producteurs d'Endive, il a fortement contribué au développement de la culture en hydroponique et est à l'origine des variétés hybrides. Chez le chou, il a contribué à la recherche de cytoplasmes de stérilité mâle et a réalisé des travaux de transfert du cytoplasme "Ogura" du radis chez différentes lignées de chou afin de produire des variétés hybrides. Chez l'asperge il a initié le programme d'obtention des hybrides entre lignées homozygotes.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur émérite d'AgroParisTech.
C.R.Acad. Agric. Fr., 2015, 101, n°3.

Tous les deux ont donc contribué au développement des variétés hybrides et ont été des artisans du développement de la coopération entre l'INRA et les sélectionneurs privés. Ensemble ils ont joué un rôle très important dans le développement de l'amélioration des plantes légumières en France dans la seconde partie du 20ème siècle.

Cette séance, qui leur est dédiée, fera le point sur la filière plantes légumières, son évolution avec le rôle de la recherche, ses forces et ses faiblesses. La présentation de la filière sera réalisée par Catherine **Lagrue**, Directrice scientifique du CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes). Puis Mr Denis Lor nous présentera l'évolution du secteur "semences" et des types de variétés chez les plantes légumières, avec le passage chez certaines espèces des variétés-populations aux hybrides et chez d'autres espèces le passage aux lignées ou aux hybrides. Denis **Lor** est l'ancien Directeur de la sélection des établissements HM Clause et est maintenant conseiller scientifique dans le groupe Limagrain. Enfin, Mathilde **Causse**, Directrice de recherches INRA à la Station d'Avignon nous fera un bilan de l'apport de la recherche au niveau des caractéristiques des variétés de plantes légumières et nous présentera les perspectives, avec certains travaux en cours.

La conclusion de cette séance sera réalisée par Michel **Pitrat**, Directeur de recherches honoraire de l'INRA, qui a été chercheur à la Station d'Avignon et responsable des programmes sur les cucurbitacées. Michel Pitrat a été lauréat du Prix Limagrain et médaille d'or de l'AAF. Il est l'auteur d'un ouvrage très passionnant "Histoire des légumes".



PRÉSENTATION ET ÉVOLUTION DE LA FILIÈRE LÉGUMES

par Catherine **Lagrue**¹

en collaboration avec Christian **Hutin**, Chef du Département Produits et marchés,
et Marc **Delporte**, Adjoint Programmes Légumes à la Direction Scientifique et Technique.

Repli de la production française, concentration des structures, valeur stable

Si la France demeure un important producteur de légumes à l'échelle européenne (n°3), elle connaît depuis plusieurs années une érosion des surfaces et plus récemment de la production. Les gains de rendement ne compensent plus les arrachages et réductions de surfaces. En dix ans, la production légumière a diminué de 800 000 tonnes. Cette tendance générale touche diversement les espèces légumières avec des baisses significatives pour les légumes d'hiver à cuire (choux, poireau) ou certaines salades (laitues, chicorées). Les légumes crudités (tomate, concombre, carotte, melon) ou méditerranéens (courgette) ou cultivés sous serres et abris résistent mieux.

Les **structures de production** se sont beaucoup transformées au fil du temps.

Le nombre total d'exploitations légumières s'est considérablement réduit : -30 % en dix ans, pour les légumes (30 800). Cette chute a été plus rapide que pour l'ensemble des exploitations agricoles avec un mouvement de concentration. Globalement 6 000 exploitations couvrent près de 70 % des superficies.

On note une évolution des systèmes de production : le nombre d'exploitation sous serres et abris hauts

¹ Directrice Scientifique et Technique fruits et légumes, CTIFL.

s'est beaucoup moins réduit sur la même période (-13 %), et les surfaces se sont accrues pour ces types d'exploitation (+ 6 %).

La **valeur de la production** est restée beaucoup plus stable, aux environs de 2,8 milliards d'Euros, représentant de 4 à 5 % de la valeur de la production agricole Française.

Recherche de compétitivité

Dans un contexte de concurrence internationale accrue, les enjeux de compétitivité de la filière française prennent de plus en plus d'importance. Il s'agit en premier lieu de la compétitivité par les **coûts de production** ainsi que l'accessibilité à une main d'œuvre saisonnière. Selon les productions, des problématiques se posent dans l'accès aux moyens de protection phytosanitaire avec un poids important des usages dits « orphelins » en légumes.

Caractéristiques de la commercialisation et de la consommation

Les achats de légumes sont majoritairement réalisés en Grandes et Moyennes Surfaces (65 %), avec une augmentation des achats chez les Primeurs et les circuits « autres » observée ces dernières années. Les magasins spécialisés, les marchés et les circuits de proximité totalisaient 28 % des quantités achetées en 2014.

Actuellement le frais constitue encore une part dominante de la consommation de fruits et légumes (2/3 environ en valeur), les légumes représentant 11% du budget alimentaire (hors boissons).

L'évolution des achats des ménages par espèce fait apparaître les tendances suivantes : ce sont les légumes fruits qui dominent dans le panier et qui ont le plus accru leur part depuis dix ans à l'exception de la tomate.

A l'inverse, les feuillus sont globalement en repli. Les légumes racines et bulbes ont également un poids croissant grâce à la carotte et à l'oignon. Le repli de la salade entière (1ère gamme) a été compensé par le développement de la salade 4^{ème} gamme. Les ménages qui achètent le plus de fruits et légumes frais ont plus de 50 ans, vivent en couple et ont des revenus supérieurs à la moyenne.

C'est l'**âge** qui est le facteur le plus discriminant de la consommation : un ménage de 65 ans et plus achète plus de 2 fois plus qu'un ménage de moins de 35 ans. Le revenu a un impact moindre, l'écart d'achat entre ménages modestes et ménages aisés est de 25 % en volume mais de 60 % en valeur.

Perspectives et enjeux

Parmi les enjeux principaux de consommation adressés à la filière fruits et légumes on peut relever :

- La désaffection des **jeunes**
- Une baisse des **fréquences** d'achat, préjudiciable à des produits frais (question de la conservation).
- Une recherche de **praticité** mieux adaptée aux évolutions des modes de vie

Afin de répondre à ces enjeux la filière, au sein du Conseil spécialisé de FranceAgriMer, s'est dotée d'un **plan stratégique** pour les actions d'expérimentation, structuré en trois axes de progrès :

1. développer la consommation des fruits et légumes
2. augmenter l'efficacité des entreprises de la filière dans un contexte de forte compétition européenne
3. sécuriser le consommateur et répondre aux attentes sociétales.

Actions de recherche appliquée du Ctifl et partenariats

Parmi les actions de recherche appliquée mises en œuvre par le Ctifl pour répondre à ces axes stratégiques, l'étude du matériel végétal en légumes constitue un levier important pour l'adaptation de l'offre au marché et aux contraintes.

Les travaux visent à appuyer les opérateurs dans leur choix en matière d'innovation variétale, à diffuser les références techniques sur les nouveaux produits, à élaborer des itinéraires techniques sur la conduite du matériel végétal.

Dans le cas de l'endive, un travail de création et de sélection de produits de diversification des chicorées est réalisé en partenariat avec l'APEF, et je salue l'héritage de H. Bannerot qui a œuvré à la sélection de l'endive à l'INRA de Versailles, avec la FNPE et l'Invuflec.

Pour l'artichaut, produit qui doit beaucoup à P. Pécaut, nous diffusons des informations techniques, en lien avec le Cate.

Plusieurs partenariats et travaux avec la recherche publique et les semenciers privés sur ces thématiques sont en cours au Ctifl pour répondre aux enjeux.

On peut citer :

- La coordination du réseau d'évaluation variétale avec les sites d'expérimentation des stations régionales et de l'INRA,
- La participation aux expertises DHS du Geves
- La co-animation avec l'INRA du groupe génétique et innovation variétale du Gis PICLég
- La participation au COST européen « vegetable grafting »
- Et plusieurs projets, qui portent en particulier sur l'étude des matériels présentant des résistances et/ou une moindre dépendance aux intrants (phytosanitaire, énergie, ...) et sur l'apport de l'innovation variétale en termes de goût et de segmentation de l'offre.

À titre d'exemples :

Le **projet Vasculeg**, coordonné par le Ctifl, et en partenariat avec l'INRA, des stations régionales et chambres d'agriculture et des semenciers. Ce projet a été labellisé par le Gis PicLég et a été soutenu financièrement par le Casdar.

Les travaux portaient pour partie sur la recherche de nouvelles sources de résistance à la fusariose du melon, qui ont pu être trouvées, les travaux ayant montré également une forte diversité génétique des souches de fusariose.

Le **projet Défileg**, coordonné par le Ctifl, en partenariat avec l'INRA, Végénov, le CNRS, des stations régionales. Ce projet a été labellisé par le Gis PicLég et a été soutenu financièrement par l'Onema.

Les travaux ont pu montrer de fortes différences variétales, pour le melon et la laitue, sur le niveau d'efficacité de stimulateurs de défense des plantes. Ces différences étant essentielles à connaître pour la possibilité de mise en œuvre de solutions de biocontrôle, et, si possible, à intégrer dans les travaux de sélection.

De nombreux projets ont été également menés sur la qualité des segments en Tomate. La segmentation est un atout important de la tomate, en permettant d'associer des types et formes de tomates à des caractéristiques qualitatives identifiables par le consommateur.

Ces travaux se poursuivent, en particulier aujourd'hui au sein du **projet Traditom**, avec un concours financier européen (H2020). Le Ctifl y participe aux côtés de l'INRA, avec Mathilde Causse.

L'ÉVOLUTION DU SECTEUR SEMENCIER DES PLANTES LÉGUMIÈRES

par Denis Lor

Consultant Scientifique Groupe Limagrain ex directeur de la Sélection HM Clause¹.

INTRODUCTION

Le secteur semencier des plantes légumières s'est profondément transformé au cours des 50 dernières années au plan national français comme au niveau mondial. Avec l'appui des connaissances en biologie et en génétique végétale et grâce aux efforts combinés des acteurs du public et du privé le secteur s'est modernisé pour apporter des réponses aux demandes des cultivateurs ainsi qu'aux utilisateurs et consommateurs de plantes légumières ; et il s'est mobilisé pour répondre aux attentes plus générales en matière de valeurs alimentaire, économique sociale et environnementale de la société toute entière. Pierre Pécaut et Hubert Bannerot ont fortement contribué à ce mouvement de progrès par leurs travaux scientifiques propres ou en associations, par leur implication dans les divers projets et organisations interprofessionnelles et par la formation des nouvelles générations d'acteurs dans le domaine de l'amélioration des plantes légumières. Ils ont jeté les bases de concepts qui restent encore d'actualité sur les axes de progrès à développer, ainsi que sur l'utilisation des ressources génétiques pour ce qui concerne les espèces végétales légumières.

HISTORIQUE

C'est aux alentours des années 1950-1960 en France que l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) a décidé sous l'impulsion de son Directeur Jean Bustarret de soutenir la filière des plantes légumières en France, avec la création des deux pôles d'Amélioration Génétique ; l'un à Versailles sur les espèces 'nord' : Haricot, Pois, Laitue et Endive, Asperge, Oignons et avec l'arrivée de spécialistes dont Hubert Bannerot et l'autre à Montfavet autour de Pierre Pécaut et de son équipe sur les espèces 'sud' : Tomate, Piment et Aubergine, Fraisier, Carotte et Radis, Melon puis Courgette.

La sélection privée était alors peu développée avec toutefois quelques sociétés : Clause, Truffaut, Vilmorin, Tézier, et plus localement Caillard et Quris, Gautier, Simon Louis...et il s'agissait de fédérer le public et le privé autour de projets par la constitution en amont de l'ACVPF (Association des Créateurs de Variétés Potagères et Florales) et en aval d'une section potagère dans le CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection), afin d'enregistrer les nouvelles variétés.

En bref, il convenait de promouvoir une génétique de qualité, la variété, véhiculée par une semence et un plant de qualité.

LA SÉLECTION DE NOUVELLES VARIÉTÉS D'ESPÈCES LÉGUMIÈRES

Il fallait répondre à une demande de la filière qui portait sur un grand nombre d'espèces (plus de 30...) et un marché très diversifié :

- Avec des conditions agronomiques de production variées : en termes de climats, de sols et de pressions de maladies, ainsi que de ravageurs nuisibles.
- Avec des conditions diverses de production : depuis le plein champ en passant par les divers types d'abris et de serres et avec des adaptations pour des itinéraires particuliers.
- Et des exigences tout au long d'une longue chaîne d'utilisateurs, depuis le producteur dont celui du plant puis celui des légumes, en passant par des industriels transformateurs et la distribution, jusqu'au consommateur final.
- Avec deux marchés, celui du professionnel de plus en plus mondialisé qui alimente les circuits de mise à disposition des légumes auprès des consommateurs et celui du jardinier amateur.

¹ HM Clause issu de la fusion de Harris Moran (USA) avec Clause (France) filiales du Groupe Limagrain

Ainsi la sélection des espèces légumières s'est tournée vers de multiples segments, elle est complexe en termes de nombre d'espèces, avec des critères multiples pour chacune d'elles : ces critères pour définir les profils des variétés à créer sont d'ordre :

- agronomiques au niveau de la production,
- technologiques pour les industriels,
- plus qualitatifs au niveau de la distribution et des consommateurs.

Les aspects de productivité sont importants, mais le qualitatif pour les légumes est primordial et doit être assorti d'une grande sécurité sur le plan sanitaire.

Tableau 1 : Les multiples Critères de la Sélection des légumes (Source Vilmorin S.A)

AGRONOMIQUES	INDUSTRIELS	DISTRIBUTION	CONSOMMATEURS
Rendement	Rendement	Conservation	Qualité présentation
Résistances aux maladies	Résistances aux maladies	Qualité présentation	Valeur nutritive
Précocité	Qualité technologique Conserve, Surgelé...	Goût/Aromes	Goût / Saveur
Adaptation au climat: Nordique à Equatorial	Goût / Appétence	Produits innovants formes couleur	Produits sains
Adaptation culturale plein champ, Serre..	Produits innovants 4 ^{ème} Gamme...	Produits sains	Produits innovants et diversité
Produits innovants			

Source VILMORIN SA

Pour atteindre ces objectifs il a fallu créer de nouvelles formes de variétés.

A l'origine, il n'existait que des variétés populations, assez hétérogènes plus ou moins locales et selon la biologie florale de l'espèce existante ou modifiée, l'évolution au fil du temps s'est faite vers des nouveaux modèles de variétés plus uniformes et vigoureuses :

- Chez les espèces autogames sont apparues les variétés lignées comme en Haricots et Laitues... (travaux d'Hubert Bannerot) ou des hybrides, comme en Tomate (premiers hybrides de Pierre Pécaut en 1963), Piment, Aubergine...
- Chez les espèces allogames où le progrès en hybride était encore plus net, l'orientation s'est faite vers des hybrides de plus en plus élaborés (variétés synthétiques, hybrides doubles ou trois voies) puis vers la forme la plus élaborée qui maximise la vigueur hybride, c'est à dire les hybrides simples ou F1. Ce fut le cas des endives, grâce à la découverte par Pierre Pécaut et d'Hubert Bannerot du phénomène de préférence sexuelle entre des lignées non apparentées pour les hybrider, puis par l'utilisation de la stérilité mâle. Ce fut aussi le cas chez les brassicacées comme les choux, choux-fleurs et brocolis... avec l'introduction par Hubert Bannerot, de la stérilité mâle cytoplasmique issue d'un radis et rendue utilisable ensuite à grande échelle grâce aux travaux d'amélioration du cytoplasme par Georges Pelletier.

Le tableau ci-dessous retrace l'arrivée de ces formules nouvelles, y compris des variétés clones chez des espèces à multiplication végétative comme l'Ail et l'Artichaut...

Tableau 2 : L'évolution des types Variétaux

ESPECES	TYPES de VARIETES	An 60- 70	An 70-80	An 80-90	An 90- 00	>2 000
AUTO GAMES	Lignées	Haricot, Laitue, Pois, Tomate		Chicorée, Mâche		
	Hybrides F1	Tomate	Aubergine, Piment			
ALLO GAMES	Hybrides doubles		Asperge			
	Hybrides 3 voies			Carotte*		
	Hybrides F1		Carotte*, Choux divers*, Concombre, Courgette, Endive*, Epinard	Chou-fleur*, Céleri*, Fenouil*, Melon, Oignon*, Pastèque, Radis*	Asperge, Betterave*, Chou brocoli*	Artichaut*, Navet*, Poireau *
	Synthétiques	Oignon, Poireau, Radis				
	Clones			Ail, Artichaut		

Limagrain

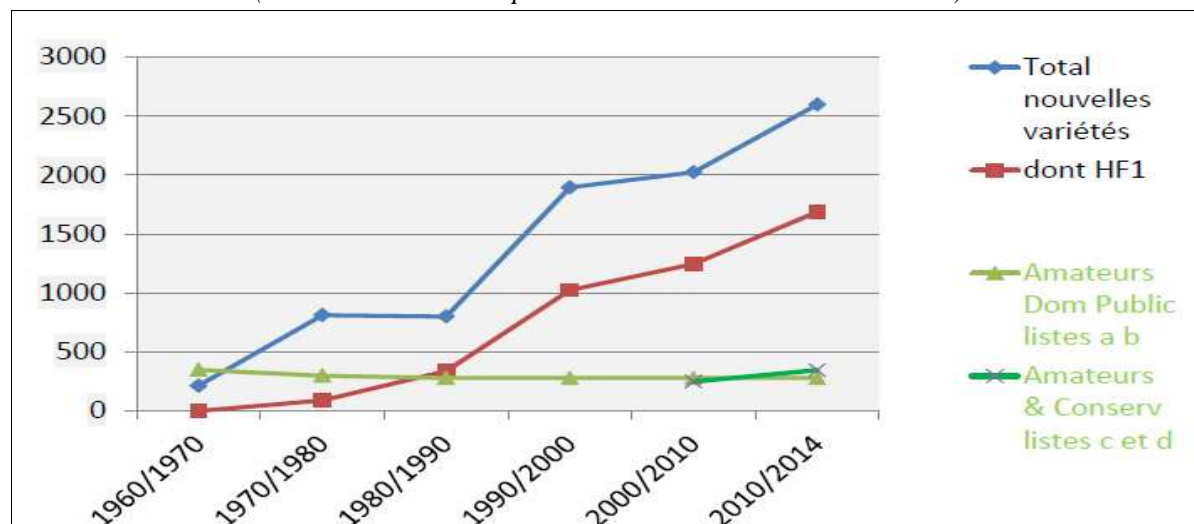
*usage de la Stérilité mâle nucléocytoplasmique « CMS »

ΔΔF 16 dec 2015 Evolution Variétés

LE RENOUVELLEMENT VARIÉTAL

Un des indicateurs du renouvellement et de l'activité est l'évolution retracée sur plus de 50 ans au niveau du Catalogue officiel, où on perçoit l'augmentation continue depuis 1960 du nombre de nouvelles variétés et de la part des hybrides qui va de 0 à 70% actuellement, avec 2 700 variétés en FR (France) et 20 000 en UE (Union Européenne) ; et le maintien dans une rubrique identifiée des variétés anciennes et de conservation locales, notamment pour les amateurs (plus de 600 en FR).

Tableau 3 : Le Catalogue Officiel des Variétés potagères
(Source GEVES Groupe d'Etudes des Variétés et Semences)



Les hybrides occupent une part importante, puisqu'ils représentent en moyenne 65% des nouvelles obtentions, voire 100% chez certaines espèces comme les Choux, les Endives...y compris chez des Autogames comme la Tomate, quand l'hybridation à grande échelle est économiquement possible.

LES PERFORMANCES DES VARIÉTÉS

- Les gains de productivité aussi bien en autogames qu'en allogames sont nets, ce qui compense en partie notamment en FR, la baisse du nombre d'exploitations et des surfaces, étant entendu que pour les espèces légumières, ce qui est primordial c'est le rendement « qualitatif » des produits répondant aux normes de qualité voulues.

Tableau 4 : Les exemples de gains annuels de rendement (Source Monde FAOSTAT)

ESPÈCES		Gain Annuel de Rendement Depuis 50 ans
AUTOGAME	Haricot, Laitue	+4%
	Piment	+5%
	Tomate	+8% et +11% en NL et +14% en FR
ALLOGAME	Carotte, Chou-Fleur, Melon	+4%
	Courgette	+16%

- La rusticité et la régularité des productions se sont renforcées :
 - avec des variétés qui sont sélectionnées pour leur adaptation agronomique aux différents climats de production et sous toutes les latitudes depuis le continental nord jusqu'à l'équatorial, ainsi qu'aux différentes saisons de culture comme la production en contre saison durant l'hiver sous abri dans les pays du sud de la méditerranée (Sicile, Espagne, Turquie, Afrique du Nord...) et à des sols de nature très différente (argileux, sableux voire salés...),
 - avec l'introduction des résistances génétiques aux nuisibles qui représente environ 60% de l'effort de sélection et avec l'appui maintenant des équipes dédiée sau « prebreeding » et à la pathologie, pour trouver des sources génétiques de résistance (souvent parmi des larges accessions, dont certaines très exotiques) ; et mettre au point des infections artificielles, commodes et fiables, pour accélérer les transferts de résistances dans des variétés cultivées.

Ces programmes s'intensifient avec la baisse souhaitée des traitements phytosanitaires et on n'inventorie pas moins de 250 programmes actifs d'introduction de résistances génétiques contre les différentes classes de pathogènes (champignons, bactéries, viroses, nématodes et insectes), avec des priorités différentes selon les espèces.

De plus, la mise au point de Porte Greffes contre les maladies du sol s'est développée récemment pour les Solanacées (Tomate, Piment...) et les Cucurbitacées (Melon, Pastèque...), en faisant appel aux espèces sauvages apparentées et par des hybrides interspécifiques.
- L'évolution génétique s'est manifestée aussi par un enrichissement des formes, des couleurs et des typologies de légumes récoltés, pour offrir la qualité et la diversité demandées par les consommateurs. Ceci a d'ailleurs intégré la remise au goût du jour de formes anciennes comme la tomate Cerise ou Cœur de bœuf...

Dans certains cas l'innovation génétique de nouveaux produits est allée de pair avec la mise au point d'un itinéraire de production entièrement nouveau et la naissance d'une nouvelle filière :

 - C'est le cas de l'endive qui est passée d'une production très artisanale et réduite à une production à grande échelle sur 10 000 hectares dans le nord de la France, avec des hybrides F1 (dont les premiers issus des travaux d'Hubert Bannerot) adaptés pour la culture hydroponique en conditions de forçage.
 - C'est le cas également de la mâche qui d'une petite « salade de bord de route » est produite maintenant sur 5 000 ha en région nantaise avec des variétés adaptées pour chaque saison de l'année et avec une chaîne continue de production de produits frais et de 4ème gamme en salade.

- Ou aussi l'exemple de la production aux Pays-Bas de la tomate sous serre hors sol, avec un arrosage recyclé et des compléments de lumière artificielle en basse énergie, et sans traitements chimiques soit « zéro phyto », qui se récolte durant une culture très longue (de 10 à 12 mois), avec un rendement de 120 Kg de fruits / M² ...
- Le progrès a aussi porté sur la qualité des produits au sens large :
 - au niveau de la présentation avec également des produits plus sains : par exemple des meilleures couleurs de Carottes ou de Tomates, des Haricots sans fils...
 - avec de la saveur et des qualités aromatiques : exemple de la Tomate cerise aromatique, de l'Endive non amère...
 - avec des qualités de conservation et de succulence : comme le Melon sucré « non vitreux »...
 - et une meilleure valeur alimentaire : comme les Brocolis enrichis en antioxydants ou les Carottes riche en pigments.

LES NOUVEAUX CHALLENGES DE LA SÉLECTION

Déjà de nouveaux défis se présentent avec comme objectifs :

- Améliorer la productivité avec des niveaux d'intrants plus faibles en eau, fertilisants et traitements,
- Augmenter la résilience aux changements climatiques et aux stress hydriques,
- Introduire des résistances plus durables aux maladies, en liaison avec la lutte biologique et lutter contre les maladies émergentes (du sol, les insectes ravageurs, les viroses...) en forte extension suite au changement climatique et aux échanges mondiaux accrus,
- Introduire des profils couvrants contre les adventices.
- /...

et répondre ainsi aux formes d'agriculture raisonnée, comme biologique.

Avec en corollaire :

- La prospection et la conservation des ressources génétiques et la sélection d'espèces orphelines,
- La connaissance du génome et le développement des outils moléculaires: avec le génotypage à haut débit,
- L'utilisation des nouvelles technologies de sélection et de la biotechnologie sans tabous ex de la mutagenèse ciblée et des OGM (Organisme Génétiquement Modifié) ...
- Le développement des outils de phénotypage à haut débit,
- Le traitement de l'information et la formation de nouveaux spécialistes en Amélioration des espèces légumières.

LA PLACE DE L'INDUSTRIE SEMENCIÈRE FRANÇAISE

L'industrie semencière française forte de ses atouts s'est montrée à la hauteur de ces enjeux, et par son savoir-faire elle s'est hissée parmi les principaux acteurs mondiaux.

Elle est tournée vers un marché mondial de semences légumières estimé à 3, 6 Md€ et dont les marchés principaux sont l'Europe, les Amériques mais aussi en émergence l'Afrique et la zone Asie Pacifique en fort développement.

Elle est devenue le 1^{er} producteur de semences dans l'Union Européenne et dégage un chiffre d'affaires total annuel de 683 M€ dont 321M€ sur son marché national et 362M€ à l'exportation, ce qui la situe au 3^{ème} rang mondial des exportateurs derrière les Pays Bas et les USA (United States of America). Elle dégage un solde annuel positif de 225M€ dans la balance commerciale française.

L'avantage de l'industrie semencière française forte de ses 26 sociétés privées fédérées dans l'UFS (l'Union Française des Semenciers) repose sur sa compétitivité et la performance de ses variétés associées avec le succès de leur mise en marché ; ceci grâce à un effort de Recherche et Développement très conséquent qui se situe à hauteur de 15 à 20% rapporté au Chiffre d'Affaires. Ce ratio se situe parmi les plus élevés de ceux de l'industrie, même comparé à celui des industries engagées dans des technologies de pointe.

Cette position est confirmée au niveau des industriels, car si on observe le classement des leaders du marché des semences potagères, on notera que le Groupe français Limagrain qui détient en particulier les

Sociétés HM Clause, Vilmorin et d'autres Sociétés de semences légumières dans le monde... se situe au 2^{ème} rang dans le concert mondial.

CONCLUSION : les conditions de la réussite pour l'avenir, s'appuyer sur une réglementation équilibrée

Pour que notre industrie semencière puisse continuer son développement et relever les défis immenses qui se présentent, il faut que sa compétitivité et sa force d'innovation soient reconnues et soutenues par un contexte réglementaire favorable et qui lui permette d'opérer dans la clarté en Amélioration Variétale.

Or il apparaît que sur un certain nombre de sujets réglementaires majeurs, l'incertitude demeure et fait planer des interrogations voire des inquiétudes sur leur issue, et on peut citer parmi ceux-ci :

- La reconnaissance et l'accès au progrès génétique : avec un débat qui porte sur la propriété intellectuelle et la protection du nouveau matériel végétal « l'obtention », soit par un certificat de type UPOV (Union Pour la Protection des Obtentions Variétales) bien préférable, ou soit par un Brevet qui est beaucoup plus restrictif.
- L'accès aux Ressources Génétiques : encore en discussion et mal défini entre les accords de Nagoya suite à la Convention sur la Biodiversité très contraignants et peu réalistes dans leur application / et ceux dits du TIRPPA (Traité international sur les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture) sous l'égide de la FAO, qui correspondraient mieux à notre métier de semencier.
- L'utilisation des Nouvelles Techniques de Sélection dont le statut réglementaire en France et en UE tarde à être clarifié et entrave de fait leur développement.
- L'utilisation des OGM et avec un coût réglementaire approprié aux espèces légumières, car il est pour l'instant inaccessible au regard de la taille des marchés des espèces légumières.
- Une loi Semences en UE (Union Européenne), qui est pour l'instant en panne de rénovation, avec la liberté d'opérer laissée à des opérateurs qui ne respectent pas les règles légales minimales ?
- Un Règlement Santé des Végétaux en UE, qui par ses contraintes, peut peser négativement sur les échanges mondiaux de semences.
- Un Règlement sur l'Agriculture Biologique en UE, qui par ses dispositions, tourne le dos au progrès génétique.

L'AMÉLIORATION DES PLANTES LÉGUMIÈRES : LES PROGRÈS RÉALISÉS ET LES TRAVAUX EN COURS

par Mathilde Causse¹

Les plantes légumières sont caractérisées par une grande diversité d'espèces (plus de 30 légumes couramment commercialisés en France) et de conditions de culture (des jardins familiaux à la culture industrielle en plein champ ou sous abris). Même si la France est le troisième exportateur européen, la production française ne couvre pas du tout les besoins. Au niveau sociétal, la consommation de fruits et légumes baisse, alors que leur rôle pour la prévention de différents problèmes de santé (notamment liés à l'obésité et aux maladies cardio-vasculaires) est reconnu. Les attentes des consommateurs concernent principalement le respect de l'environnement, la qualité sanitaire et la qualité organoleptique. Pour la filière c'est la performance économique qui prime. La sélection peut jouer un rôle prépondérant dans la réponse à ces enjeux.

Les progrès réalisés par la recherche concernent l'ensemble des objectifs de sélection, mais le focus sera mis sur l'évolution des outils du sélectionneur et des connaissances sur les résistances aux pathogènes et la qualité des fruits, chez les solanacées et la tomate en particulier. En effet la tomate est à la fois une espèce d'importance majeure parmi les plantes horticoles mais aussi une espèce modèle pour ces aspects.

Les ressources génétiques

Les ressources génétiques constituent la base du progrès. Très tôt des collections ont été constituées à partir de prospections dans les pays d'origine pour les espèces sauvages, ou à partir des variétés localement conservées. En France, depuis les années 90, des réseaux de conservation de ces collections ont été constitués en partenariat entre l'Inra, le GEVES et les sociétés semencières. Ces collections ont permis la découverte et l'utilisation d'un grand nombre de mutations en sélection.

De nouveaux outils de sélection : les marqueurs moléculaires

Concernant les outils de sélection, la généralisation des marqueurs moléculaires, depuis le début des années 90, a permis des avancées importantes dans la connaissance de l'organisation des génomes, la génétique comparative et la sélection assistée par marqueurs. Ces nouveaux outils ont considérablement modifié le paradigme de la sélection végétale en permettant un nouvel accès à la variabilité des espèces sauvages, la comparaison de l'organisation des génomes entre espèces et l'amélioration de l'efficacité de la sélection. Grâce aux travaux du groupe de Steven Tanksley, à l'Université de Cornell (USA), la tomate a été une espèce pionnière pour l'utilisation de marqueurs moléculaires. Le type de marqueurs moléculaires utilisés a évolué avec la découverte de nouvelles techniques, les marqueurs RFLP (Restriction Fragment Length polymorphism), qui ont été d'abord utilisés pour construire une carte génétique saturée du génome de la tomate (Tanksley *et al.*, 1992) et analyser la diversité de la tomate et de ses espèces apparentées ayant été progressivement remplacés par les marqueurs utilisant la PCR, avec plusieurs techniques disponibles. Plus récemment, des milliers de marqueurs SNP (Single Nucleotide Polymorphism) ont été identifiés par séquençage de gènes chez plusieurs accessions.

La cartographie des gènes utiles a toujours été d'une importance primordiale pour les sélectionneurs de tomates. Les marqueurs moléculaires ont permis aux généticiens de localiser rapidement les gènes d'intérêt sur les cartes génétiques.

¹ Directrice de recherches, INRA, Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes, Avignon

Les résistances aux maladies

Chez la tomate, plus de 60 bio-agresseurs sont connus (champignons, nématodes, bactéries, virus, insectes...), provoquant des dégâts plus ou moins importants. Les résistances aux pathogènes constituent un objectif primordial de sélection pour les légumes, souvent consommés frais, et pour lesquels les traitements phytosanitaires doivent être réduits. Très tôt, les sélectionneurs ont recherché des gènes de résistance. Les anciennes variétés n'en possédant quasiment aucun, c'est dans les espèces apparentées à la tomate cultivée que la plupart des sources de résistance ont été détectées.

La plupart des gènes de résistance aux maladies utilisés dans les programmes de sélection ont été cartographiés. Suite à l'identification de marqueurs PCR liés au gène d'intérêt, des marqueurs spécifiques ont été mis en place, ce qui simplifie l'étape de génotypage pour les sélectionneurs. Aujourd'hui les sélectionneurs utilisent ces marqueurs au quotidien dans leurs programmes.

Parmi les 45 gènes de résistance cartographiés, 17 ont été clonés et leur structure identifiée (Labate *et al.*, 2007 ; Tomato Genome Consortium, 2012). La connaissance de la structure de ces gènes, identifiés parallèlement chez de nombreuses espèces a révélé une structure relativement conservée de tous ces gènes avec quelques domaines caractéristiques. Par ailleurs, la comparaison des génomes des espèces proches, notamment des trois espèces de solanacées, tomate, piment et pomme de terre, ont montré quelques cas de colinéarité des gènes de résistance à un même pathogène (Dijian-Caporalino *et al.*, 2007 ; Thabuis *et al.*, 2003). Des travaux récents ont également mis en évidence les conditions de durabilité de ces sources de résistance, notamment par le cumul de résistances majeures et de résistances partielles (Quenouille *et al.*, 2014).

La qualité des fruits, une sélection plus complexe

Concernant la qualité des fruits, la sélection de variétés aux fruits de longue conservation a profondément impactée la filière : elle a permis la délocalisation d'une partie de la production, a satisfait les attentes des distributeurs, mais a déconcerté les consommateurs, en modifiant la texture des fruits (Causse *et al.*, 2003). Comme pour les résistances aux pathogènes, les marqueurs moléculaires ont permis l'identification de plusieurs gènes impliqués dans la durée de conservation, mais aussi de gènes contrôlant la couleur du fruit ou sa forme.

La qualité gustative est régie par un ensemble de composantes liées aux saveurs (sucrée, acide), aux arômes (plus de 30 composés volatils parmi les 400 identifiés jouent un rôle prépondérant) et à la texture (ferme, fondant, farineux, juteux...). Chacune de ces composantes a un déterminisme génétique quantitatif, contrôlé par plusieurs gènes à effets variables (ou QTL pour quantitative trait loci) et influencés par l'environnement.

Grâce aux marqueurs moléculaires, les QTLs peuvent être détectés et localisés sur les cartes génétiques, et leurs effets individuels quantifiés. En raison du faible polymorphisme moléculaire chez les cultivars de tomate, la plupart des études à long terme concernent des descendance interspécifiques. Ainsi la cartographie de QTL a permis d'utiliser en sélection des espèces sauvages apparentées à la tomate cultivée. Plusieurs types de population ont été utilisés, de F2 ou rétrocroisement dans les premières études, aux populations homozygotes telles que lignées recombinantes (Causse *et al.*, 2002), backcross avancés (Fulton *et al.*, 1997) ou lignées d'introgession (Eshed et Zamir, 1995). Des QTL ont été détectés dans tous les cas, parfois avec des effets importants. Les QTL peuvent être séparés en deux types : quelques QTL stables au quels que soient les environnements ou les années, et de nombreux QTL spécifiques d'un état (Paterson *et al.*, 1991). Certains QTL impliqués dans la variation d'une caractéristique ont été détectés chez les descendance issues de différentes accessions d'une espèce ou d'espèces différentes (Grandillo *et al.*, 1999; Fulton *et al.*, 2002).

La cartographie de QTL a permis une découverte importante : les espèces de tomates sauvages, en dépit de leurs faibles caractéristiques en comparaison aux accessions cultivées, possèdent des allèles qui peuvent contribuer à l'amélioration de la plupart des caractères agronomiques (de Vicente et Tanksley, 1993). Ces transgressions étaient difficiles à prévoir, mais pouvaient apporter un progrès important pour les sélectionneurs, comme l'ont montré Gur et Zamir (2004) par pyramidage de régions porteuses de QTL de rendement introduites de l'espèce sauvage *S. pennellii*.

Une carte de QTL contrôlant plusieurs attributs de la qualité sensorielle des fruits de la tomate a révélé des relations entre QTL pour les attributs sensoriels et pour la composition chimique des fruits (Causse *et al.*, 2002). Le poids des fruits et la teneur en solides solubles sont corrélés négativement et des QTL pour ces deux traits sont souvent détectés dans les mêmes régions, avec des effets opposés des allèles, ce qui suggère un effet pléiotropique responsable de cette corrélation. Ces informations sont importantes pour identifier les possibilités et les limites de l'introggression de QTL pour le contenu en sucres dans les variétés à gros fruits.

Des expériences de cartographie fine ont permis de cartographier précisément les QTL dans une région chromosomique et de vérifier l'existence d'un ou plusieurs QTL liés dans la même région (Paterson *et al.*, 1990). La cartographie fine est également une étape importante pour le clonage de QTL, comme le montre le succès du clonage de QTL qui contrôlent le poids des fruits (Frary *et al.*, 2000), la forme du fruit (Tanksley, 2004) ou le contenu en solides solubles (Fridman *et al.*, 2000).

Concernant la forme des fruits, quatre QTL majeurs ont été identifiés (contrôlant le nombre de loges, l'aspect fascié, l'allongement du fruit et sa forme plus ou moins pyriforme). Il a été montré que la quasi totalité des formes de fruits rencontrés sur le marché pouvait être prédit par les formes alléliques présentes à ces quatre gènes (Rodriguez *et al.*, 2011).

La sélection assistée par marqueurs

De nouvelles approches ont été proposées afin d'introduire les informations de cartographie de gènes / QTL dans les schémas de sélection. L'efficacité et la complexité de la sélection assistée par marqueurs (SAM) dépendent de la nature génétique du trait (monogénique ou polygénique). Pour les traits monogéniques, le backcross assistée par marqueurs (BCAM) est la stratégie la plus simple, elle est très couramment utilisée, alors que pour les traits polygéniques diverses stratégies sont disponibles.

La SAM peut être particulièrement efficace pour un caractère difficile et coûteux à évaluer comme la qualité sensorielle des fruits. Une fois les marqueurs moléculaires étroitement liés aux allèles souhaitables identifiés, la SAM peut être réalisée dans les populations en ségrégation et à un stade précoce du développement de la plante. Il est ainsi possible d'effectuer plusieurs cycles de sélection par an. Le BCAM est efficace pour cumuler rapidement plusieurs QTL dans un seul génotype. La disponibilité de marqueurs PCR fiables s'est avérée cruciale pour le succès d'un tel schéma de sélection. Néanmoins, il est apparu important de réévaluer l'effet des QTL dans la descendance, car des effets inattendus peuvent limiter le succès du BCAM. En outre l'effet du fond génétique sur l'expression de QTL a été montré et risque d'entraver l'utilisation de marqueurs moléculaires dans la SAM.

Connaissance de la séquence du génome

Récemment les technologies de séquençage à haut débit ont permis de disposer de séquences de références pour la plupart des espèces horticoles dont le génome n'est pas trop gros. Ainsi on dispose d'une séquence de référence de très grande qualité chez la tomate (Tomato Genome Consortium 2012). En parallèle des bases de données du répertoire des gènes présents dans chaque région chromosomique, de leur spécificité (stade et organe) d'expression et des profils locaux de recombinaison sont disponibles (<https://solgenomics.net>). Jusqu'à une date récente, le faible niveau de polymorphisme révélé par les marqueurs au sein de l'espèce de tomate cultivée a limité l'utilisation des marqueurs pour la sélection des lignées élites. La disponibilité de la séquence génomique ouvre de nouvelles perspectives pour l'identification des gènes qui sous-tendent les caractères d'intérêt et la découverte de millions de polymorphismes nucléotidiques (SNP).

Le génome de plusieurs centaines d'accessions a été reséquencé et quelques millions de SNP identifiés (Lin *et al.*, 2014). Ces SNP fournissent une nouvelle source de marqueurs polymorphes qui sera particulièrement utile pour l'exploitation de la variabilité intraspécifique.

Quelques perspectives

Depuis le début de la sélection de la tomate en France par Pierre Pécaut, dans les années 50, les connaissances ont beaucoup évolué et la sélection a été progressivement transférée aux sociétés privées qui créent chaque année des dizaines de nouvelles variétés. Les marqueurs moléculaires ont permis de

nombreuses découvertes sur la structure du génome. La transgénése a également été un outil essentiel pour la recherche sur la fonction et la régulation des gènes. L'utilisation des OGM est néanmoins limitée en Europe à la recherche, du fait du rejet des consommateurs. Les nouvelles techniques de modification du génome (Cardi 2016), beaucoup plus précises et permettant de cibler des modifications ponctuelles, offrent de nouveaux horizons pour la sélection. Leur utilisation, possible dans de nombreux pays, dépendra en Europe des réglementations qui leur seront attribuées.

Aujourd'hui, les recherches visent à accélérer le débit et la précision du phénotypage, à mieux comprendre les interactions entre génotypes et environnement, notamment en construisant des modèles prédictifs et à mieux intégrer la connaissance de la diversité au niveau des génomes dans les schémas de sélection, notamment par la recherche d'associations entre génotypes et phénotypes (Sauvage *et al.*, 2014) et par la maîtrise de la sélection génomique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) CAUSSE M., SALIBA-COLOMBANI V., LECOMTE L., DUFFE P., ROUSSELLE P., BURET M., 2002. – QTL analysis of fruit quality in fresh market tomato: a few chromosome regions control the variation of sensory and instrumental traits. *J Expt Bot* **53**, 2089-2098
- (2) CAUSSE M., BURET M., ROBINI K., VERSCHAVE P., 2003. – Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences. *J Food Sci* **68**, 2342-2350
- (3) DE VICENTE M.C., TANKSLEY S.D., 1993. – QTL analysis of transgressive segregation in an interspecific tomato cross. *Genetics* **134**, 585–596
- (4) DJIAN-CAPORALINO C., FAZARI A. ARGUEL M. J., VERNIE T., VANDECASTEELE C., BRUNOUD G., PALLOIX A., LEFEBVRE V., 2007. – Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) Me resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. *Theor Appl Genet* **114**, 473-486
- (5) ESHED Y., ZAMIR D., 1995. – An introgression line population of *Lycopersicon pennellii* in the cultivated tomato enables the identification and fine mapping of yield associated QTL. *Genetics* **141**, 1147-1162
- (6) FRARY A., NESBITT T.C., FRARY A., GRANDILLO S., VAN DER KNAAP E., CONG B., LIU J., MELLER J., ELBER R., ALPERT K.B., TANKSLEY S.D., 2000. – *fw-2.2*: a quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size. *Science* **289**, 85-88
- (7) FRIDMAN E., PLEBAN T., ZAMIR D., 2000. – A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene. *Proc Natl Acad Sci* **97**, 4718-4723
- (8) FULTON T.M., BECK-BUNN T., EMMATTY D., ESHED Y., LOPEZ J., PETIARD V., UHLIG J., ZAMIR D., TANKSLEY S.D., 1997. – QTL analysis of an advanced backcross of *Lycopersicon peruvianum* to the cultivated tomato and comparisons with QTLs found in other wild species. *Theor Appl Genet* **95**, 881-894
- (9) FULTON T.M., BUCHELI P., VOIROL E., LOPEZ J., PETIARD V., TANKSLEY S.D., 2002. – Quantitative trait loci (QTL) affecting sugars, organic acids and other biochemical properties possibly contributing to flavor, identified in four advanced backcross populations of tomato. *Euphytica* **127**, 163-177
- (10) GRANDILLO S., KU H.M., TANKSLEY S.D., 1999. – Identifying the loci responsible for natural variation in fruit size and shape in tomato. *Theor Appl Genet* **99**, 978-987
- (11) GUR A., ZAMIR D., 2004. – Unused natural variation can lift yield barriers in plant breeding. *PLOS Biology* **2**, 1610-1615
- (12) LIN T., ZHU G., ZHANG J., XU X., YU Q., ZHENG Z., ZHANG Z., LUN Y., LI S., WANG X., HUANG Z., LI J., ZHANG CI., WANG T., ZHANG Y., WANG A., ZHANG Y., LIN K., LI C., XIONG G., XUE Y., MAZZUCATO A., CAUSSE M., FEI Z., GIOVANNONI J.J., CHETELAT

- R.T., ZAMIR D., STÄDLER T., LI J., YE Z., DU Y. & HUANG S., – 2014. Genomic analyses provide insights into the history of tomato breeding. *Nature Genetics* **46**, 1220-1226
- (13) PATERSON A.H., DAMON S., HEWITT J.D., ZAMIR D., RABINOWITCH H.D., LINCOLN S.E., LANDER E.S., TANKSLEY S.D., 1991. – Mendelian factors underlying quantitative traits in tomato: comparison across species, generations, and environments. *Genetics* **127**, 181-197
- (14) PATERSON A.H., DE VERNA J.W., LANINI B. and TANKSLEY S.D., 1990. – Fine mapping of quantitative trait loci using selected overlapping recombinant chromosomes, in an interspecies cross of tomato. *Genetics* **124**, 735–742
- (15) QUENOUILLE J., PAULHIAC E., MOURY B. and PALLOIX A., 2014. – Quantitative trait loci from the host genetic background modulate the durability of a resistance gene: a rational basis for sustainable resistance breeding in plants. *Heredity* **112**, 579–587
- (16) CARDI T., 2016. – Cisgenesis and genome editing: combining concepts and efforts for a smarter use of genetic resources in crop breeding. *Plant Breeding* doi:10.1111/pbr.12345
- (17) LABATE J-A., GRANDILLO S., FULTON T., MUÑOS S., CAICEDO A-L., PERALTA I., Y JI, CHETELAT R-T., SCOTT J-W., GONZALO M-J., FRANCIS D., YANG W., VAN DER KNAAP E., AM BALDO, B SMITH-WHITE, LA MUELLER, JP PRINCE, NE BLANCHARD, DB STOREY, STEVENS M-R., ROBBINS M-D., FEN WANG J., LIEDL B-E., O'CONNELL M-A., STOMMEL J-R., AOKI K., IJIMA Y., SLADE A-J., HURST S-R., LOEFFLER D., STEINE M-N., VAFEADOS D., MCGUIRE C., FREEMAN C., AMEN A., GOODSTAL J., FACCIOTTI D., VAN ECK J., CAUSSE M., – 2007. 1 Tomato. In “Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants”, Volume 5, Vegetables, C. Kole (Ed.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 11-135.
- (18) RODRÍGUEZ G-R., MUÑOS S., ANDERSON C., SIM S-C., MICHEL A., CAUSSE M., MCSPADDEN GARDENER B-B., FRANCIS D., AND VAN DER KNAAP E., 2011. – Distribution of SUN, OVATE, LC, and FAS Alleles in Tomato Germplasm and their Effect on Fruit Morphology. *Plant Physiol* **156**,275-285.
- (19) SAUVAGE C., SEGURA V., BAUCHET G., STEVENS R., DO P-T., NIKOLOSKI Z., FERNIE A-R. and CAUSSE M., 2014. – Genome Wide Association in tomato reveals 44 candidate loci for fruit metabolic traits. *Plant Physiology* **165**, 1120–1132.
- (20) TANKSLEY S-D., GANAL M-W., PRINCE J-P., DE VICENTE M-C., BONIERBALE M-W., BROUN P., FULTON T-M., GIOVANNONI J-J., GRANDILLO S., MARTIN G-B., MESSEGUER R., MILLER J-C., MILLER L., PATERSON A-H., PINEDA O., RÖDER M-S., WING R-A., WU W., YOUNG N-D., 1992. – High density molecular linkage maps of the tomato and potato genomes. *Genetics* **132**, 1141-1160.
- (21) TANKSLEY S-D., – 2004. The genetic, developmental, and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. *Plant Cell* **16**, S181-S189.
- (22) THABUIS A., PALLOIX A., PFLIEGER S., DAUBEZE A-M., CARANTA C. and LEFEBVRE V., 2003. – Comparative mapping of *Phytophthora* resistance loci in pepper germplasm: evidence for conserved resistance loci across Solanaceae and for a large genetic diversity. *Theor. Appl. Genet.* **106**, 1473-1485.
- (23) The Tomato Genome Consortium. 2012. – The tomato genome sequence provides insights into fleshy fruit evolution. *Nature* **485**, 635–641.

LE MONDE RURAL FRANÇAIS VU PAR UN GÉOGRAPHE POLITOLOGUE : LA FRANCE PÉRIPHÉRIQUE¹

Comment on a sacrifié les classes populaires

par Christophe Guilluy



Jean-Paul Charvet². – La « France périphérique » de Christophe Guilluy, espace où se concentrent fragilités économiques et sociales, coïncide très largement avec l'espace rural français, villes petites et moyennes étant incluses dans celui-ci.

L'ensemble de l'ouvrage est construit sur l'opposition et même la confrontation entre deux Frances : une *France des métropoles* qui profite très largement de la mondialisation et où se concentrent richesses et emplois et une *France périphérique* – très largement rurale -- qui apparaît comme la première victime des dérégulations liées à la mondialisation de la production et des échanges.

Alors que le devenir de l'agriculture apparaît, encore davantage depuis la réforme de la PAC de 2014, de plus en plus dépendant vis-à-vis de la mondialisation, le monde rural, qui se situe pour l'essentiel à l'écart des zones d'emplois les plus dynamiques que constituent les aires métropolitaines, concentre les « perdants de la mondialisation ». L'auteur recense parmi eux les petits ouvriers, les petits employés, les petits retraités et ... les petits agriculteurs. Les cartes en couleur qui illustrent l'ouvrage soulignent que cette France périphérique se caractérise désormais sur le plan politique par une surreprésentation des partis populistes et en particulier du Front National.

Les agriculteurs qui vivaient déjà, au moins pour une bonne partie d'entre eux, comme une forme de déclassement social le fait d'être devenus très largement minoritaires dans les espaces ruraux, en vivent désormais un supplémentaire en raison de leur localisation principale dans cette France périphérique victime

¹ Éditions Flammarion 2014, 192 pages.

² Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur émérite, université Pari-Ouest-Nanterre-La Défense.

des dérégulations liées à la mondialisation et à une Politique Agricole Commune devenue de plus en plus libérale au cours de ses réformes et de ses élargissements successifs. Les difficultés auxquelles se trouvent aujourd'hui confrontés bien des éleveurs et des zones d'élevage constituent autant d'illustrations des conséquences de la disparition de filets de sécurité jadis protecteurs.

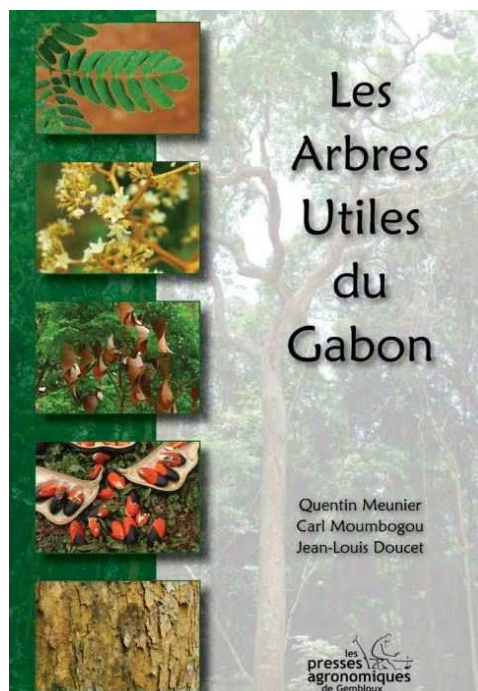
Christophe Guilluy souligne que le mouvement des « bonnets rouges » bretons auquel ont participé bien des éleveurs avec d'autres catégories sociales du monde rural (employés et ouvriers des agro-industries, chauffeurs routiers, patrons de petites entreprises...) n'est pas parti des métropoles bretonnes que sont Rennes et Nantes, mais de villes petites et moyennes (Quimper, Carhaix, Châteaulin (siège de Doux), Lampaul-Guimiliau (siège des abattoirs Gad)...) qui furent les premières victimes des plans sociaux.

L'auteur dit également que la réforme régionale qui commence à se mettre en place au profit des métropoles et l'effacement progressif des départements qui en est le corollaire sont souvent vécus dans la France périphérique comme une perte d'identité, voire une « crise identitaire », en particulier par ceux qui se perçoivent comme des perdants par rapport à la société « multiculturelle » qui se développe dans les métropoles en relation avec la mondialisation.

Ce petit ouvrage, très riche malgré son faible volume, repose sur des analyses que certains trouveront parfois trop peu nuancées, en particulier concernant l'ampleur de la « crise identitaire », mais il n'en a pas moins le grand mérite d'alimenter la réflexion et d'apporter d'utiles éléments à un débat de société auquel il est aujourd'hui difficile d'échapper.

LES ARBRES UTILES DU GABON¹

par Quentin Meunier², Carl Moumbogou³ et Jean-Louis Doucet⁴



Ferdinand Delecour⁵ – Dans sa préface à ce dernier-né des Presses Agronomiques de Gembloux, Monsieur Ali Bongo Ondimba, Président de la République du Gabon, se félicite de la parution de cet

¹ Les Presses Agronomiques de Gembloux, 2 Passage des Déportés, B-5030 Gembloux, ISBN 978-2-87016-134-0, 340 p., 2015.

² Association Nature+, a.s.b.l.

³ WWF-Gabon

⁴ Université de Liège, Gembloux-Agro-Bio Tech

⁵ Membre correspondant étranger de l'Académie d'Agriculture de France. Chef de travaux, centre de recherche et de promotion forestière (ULg, Gembloux Agro-Biotech). Chargé de cours honoraire de pédologie forestière.

ouvrage. Celui-ci, en effet, répond parfaitement à l'ambition de l'Etat gabonais de promouvoir une meilleure gestion de la ressource forestière, dans l'optique du développement durable.

Sur la base des importants documents floristiques existants, les auteurs se sont attachés à fournir aux différents acteurs de la filière forestière, un outil de gestion permettant, dès l'abord, une meilleure connaissance des biotopes et des biocénoses végétales. L'ouvrage est un guide qui se propose d'accompagner les nombreux intervenants, de niveaux de formation variés, en présentant, outre les caractères habituels permettant reconnaissance et identification aisées sur le terrain, d'autres points d'entrée, comme les propriétés et usages du bois, le comportement des essences et les utilisations locales. Les quelque 1000 photos couleurs et la compilation de plus de 1200 noms locaux permettront aux plus novices de se familiariser avec les essences les plus utiles.

L'ouvrage présente la description de 37 familles botaniques (des Anacardiacees aux Vochysiacees) et d'environ 140 espèces, présentées par familles. Les caractéristiques mentionnées sont celles le plus aisément observables sur le terrain : feuilles, fleurs, fruits, troncs et tranche de la zone ligneuse externe. S'ajoutent à ces éléments, un ensemble de données écologiques, des cartes de répartition géographique, les caractéristiques d'utilisation du bois (en extérieur, en intérieur, ébénisterie, menuiserie,...), un index des noms vernaculaires, pour une quarantaine d'ethnies rassemblées en 9 groupes (Benga, Fang,...), avec une carte de localisation. Ajoutons-y un glossaire très complet, avec schémas très clairs, qui facilitera la tâche des lecteurs moins initiés.

Voici donc un guide qui répondra aux attentes de chacun, des simples visiteurs de la forêt aux divers acteurs de la prospection et de la gestion des concessions forestières comme des forêts communautaires.

COMPRENDRE L'AMÉLIORATION DES PLANTES – ENJEUX, MÉTHODES, OBJECTIFS ET CRITÈRES DE SÉLECTION¹

par André Gallais²

Synthèses

Comprendre l'amélioration des plantes

Enjeux, méthodes, objectifs
et critères de sélection

André Gallais



éditions
Quæ

¹ Éditions Quæ, Collection Synthèses, 231 pages, juin 2015.

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur émérite d'AgroParisTech.

Yves Lespinasse³. – André Gallais nous offre un ouvrage sur l'amélioration des plantes très didactique, à la portée d'un grand nombre de lecteurs, étudiants en biologie, professionnels de la filière des semences, jeunes chercheurs et enseignants en agronomie, physiologie végétale, génétique et santé des plantes.... ainsi que l'académicien évidemment !

L'expression 'Amélioration des plantes' doit se comprendre comme la science et l'art de la création de nouvelles populations, appelées variétés, répondant de mieux en mieux aux besoins de l'homme. Cette science accroît les connaissances en génétique des plantes et impulse du progrès génétique pour améliorer les principaux caractères des espèces d'intérêt agronomique dans des conditions de culture données, les caractères étant évalués dans des dispositifs d'expérimentation multi-sites. Les principales espèces illustrant le propos de l'auteur sont blé, maïs et plantes fourragères, espèces dont l'auteur est un éminent spécialiste ; d'autres espèces sont aussi citées en exemple lorsque le thème abordé s'y prête.

Ce livre comprend 3 parties : (i) Qu'est-ce que l'amélioration des plantes, (ii) méthodes et outils de l'amélioration des plantes, la démarche du sélectionneur, (iii) objectifs et critères de sélection.

- La première partie présente le cadre général de l'amélioration des plantes – pourquoi améliorer les plantes ? qu'est-ce qu'une variété ? - son organisation et son importance économique.
- La deuxième partie aborde de façon concise les différents outils mis à la disposition du sélectionneur et leur mise en œuvre dans les méthodes de sélection et de création de nouvelles variétés : les connaissances et outils utilisés dès les années 1930, et les outils les plus récents qui accroissent l'efficacité de la sélection : marqueurs moléculaires, phénotypage à haut débit, sélection génomique et transgénèse. Il y a un passage continu entre les techniques qualifiées de traditionnelles, ne faisant appel qu'à la reproduction sexuée, et celles dérivées de la biologie moléculaire.
- Dans la troisième partie, la plus développée, les principaux objectifs de sélection sont décrits ainsi que les critères pour les satisfaire. Sont plus particulièrement considérés le rendement en grain ou le rendement en biomasse, l'adaptation au milieu, et notamment la résistance aux maladies et aux insectes, la valorisation de la fumure azotée, l'économie de l'eau, les problèmes de qualité propres à chaque espèce. André Gallais démontre l'intérêt des apports des nouveaux outils tout au long de ces chapitres, chacun se terminant par un bilan très utile pour garder mémoire de ses principales conclusions. Il développe la notion d'idéotype pour le rendement et fait référence aux associations de génotypes intra et inter-spécifiques, en particulier pour réguler les épidémies. Les demandes et critères de sélection pour satisfaire le cahier des charges de l'agriculture biologique sont aussi présentés ; la sélection participative est évoquée quant à ses objectifs et interactions entre acteurs impliqués, agriculteurs et chercheurs, en prenant appui principalement sur l'expérience du CIRAD.

En conclusion de cet ouvrage, André Gallais dresse un bilan de l'amélioration des plantes tant au niveau de l'efficacité des outils mis en œuvre que de l'amélioration de différents types de caractères. Se dégagent des convictions fortes :

- depuis 50 ans, la diversité génétique des variétés à la disposition de l'agriculteur est conservée. Les plantes améliorées sont toujours naturelles – ce sont les outils qui ont évolué permettant de mieux apprécier la variation génétique et de l'utiliser de manière plus efficace.
- les plantes transgéniques peuvent apporter beaucoup à une agriculture durable.
- les variétés actuelles, plus résistantes aux maladies, demandent moins de fongicides, elles valorisent mieux l'azote, les variétés actuelles de maïs valorisent mieux l'eau - en résumé les variétés nommées ces dernières années sont plus résilientes.
- l'amélioration des plantes, dans ses principes et ses applications actuelles, a le potentiel de proposer de nouvelles variétés pour des agricultures durables, économes en eau et en intrants, adaptées au changement climatique et conduisant à des productions de qualité - variétés qui devront être suffisamment productives pour nourrir l'humanité à l'horizon 2050.

Cet ouvrage nous instruit sur les principes, les objectifs et les apports de l'amélioration des plantes, ses enjeux socio-économiques, les méthodes, les outils, ainsi que l'organisation de la filière Semences et Plants.

³ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, Directeur de recherche honoraire de l'INRA.

De ce fait, il répond aux principales objections des détracteurs de cette science qu'est l'amélioration des plantes, l'accusant d'être contre nature, car faisant appel aux biotechnologies.

André Gallais veut rappeler deux points essentiels :

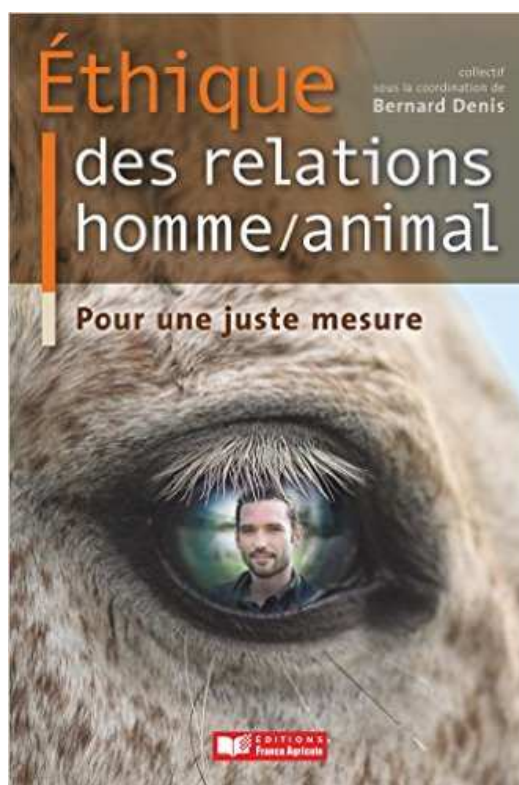
- depuis la domestication, l'amélioration des plantes a toujours été du génie génétique au sens large ; avec les outils actuels, elle devient seulement de plus en plus dirigée
- elle a répondu et continue de répondre aux demandes de la société, de l'agriculteur jusqu'au consommateur, en passant par le transformateur – en soulignant les efforts engagés depuis plusieurs décennies pour le développement d'une agriculture durable, en particulier grâce aux travaux entrepris dès les années 1950 pour la résistance aux maladies.

Il n'est pas nécessaire de posséder des connaissances approfondies de génétique et d'amélioration des plantes ; des encadrés fort utiles et des notes en bas de page viennent expliquer les termes ou propos se rapportant à l'amélioration des plantes, et pour les notions plus pointues, un glossaire vient très utilement renseigner le lecteur. L'annexe de 10 pages résume très clairement les principales connaissances génétiques permettant au lecteur d'avancer sereinement dans la lecture.

En clair tout académicien y trouvera réponses à ses questions et plus largement aux apports de l'amélioration des plantes depuis la fin de la seconde guerre mondiale.

ÉTHIQUE DES RELATIONS HOMME/ANIMAL

Pour une juste mesure



Ouvrage collectif sous la coordination de Bernard Denis¹

¹ Membre de l'Académie d'agriculture de France. Professeur de zootechnie honoraire à l'École vétérinaire de Nantes. Ed. France agricole Paris 2015, 182 pp.

Gilbert Jolivet². – Des représentants de l'Académie d'agriculture de France et de l'Académie vétérinaire de France ont constitué un groupe de réflexion, animé par Bernard Denis, sur les relations entre l'homme et les animaux, analysées dans leur composante morale. Le livre reflète ce travail, conduit avec la prudence qu'exige la complexité du sujet et avec le souci de ne pas théoriser l'éthique car celle-ci ne doit pas se soustraire des données sociétales où entrent en jeu de multiples impératifs. La situation de l'animal, ses liens plus ou moins proches avec l'homme, font aujourd'hui l'objet de nombreuses interrogations, de controverses, souvent d'intransigeances. Les positions avancées, qui révèlent pour beaucoup une part de vérité, sont à prendre en compte. L'objectif du groupe est de les équilibrer en fixant une « *juste mesure* » aux attitudes et interventions que commande l'éthique.

L'ouvrage comprend *cinq chapitres*, complétés par des annexes, qui portent sur l'étendue des rapports que l'homme entretient avec les animaux perçus dans leur diversité. La multiplicité des thèmes entraîne une disparité des analyses ; les unes approfondies, d'autres plus superficielles.

S'interroger sur la nature animale est un préalable à tout développement sur la coexistence de l'homme avec les animaux. La question est logiquement posée dans les premières pages de l'ouvrage. Mais, pour ne pas prendre parti, car le consensus est très difficile en ce domaine, le texte se limite à l'énoncé, brièvement commenté, des différentes approches du problème.

Le chapitre qui suit est le plus développé. Aujourd'hui, les nombreux soupçons envers les conditions de vie des animaux de rente, les interrogations sur la souffrance animale, les inquiétudes des professionnels, invitent à analyser avec objectivité, en termes éthiques, la situation de l'élevage français. Lui est attachée la notion de *bien-être* si largement vulgarisée et pourtant si mal définie. Des commentaires étoffés lui sont consacrés.

Le troisième chapitre porte sur l'expérimentation animale. Bien réglementée depuis quelques années, mieux raisonnée, l'utilisation des animaux aux fins d'investigations scientifiques, toujours indispensable, ne devrait plus susciter des anathèmes, encore trop fréquents, à l'égard de l'expérimentation animale.

L'éthique des relations avec les animaux familiers ne pouvait pas être éludée tant le sujet tient une place importante dans notre société. Toutefois, le groupe n'a pas cherché à approfondir un domaine très vaste, aux nombreuses interférences. Seuls les points les plus notoires ont été soulignés.

Le dernier chapitre passe en revue d'autres aspects des relations avec l'animal. Ils sont d'une grande variété. Depuis l'éthique de la chasse, amplement analysée jusqu'à l'attitude envers les plus petites bêtes, malfaisantes ou bénéfiques, qui font alors de la microfaune un trait d'union entre l'éthique animale et l'éthique environnementale.

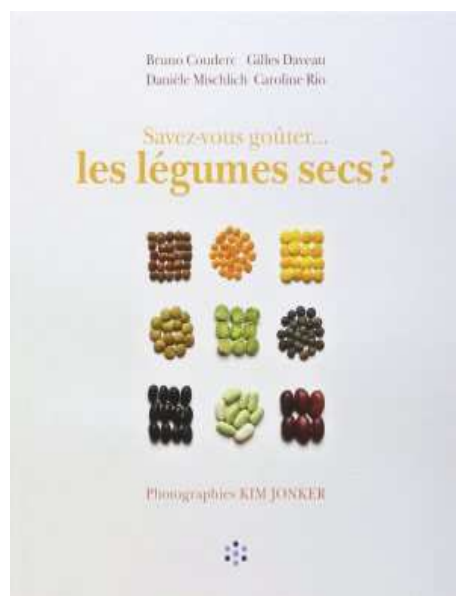
A la fin de ce livre éclectique figurent des propos que des académiciens, étrangers au groupe, ont bien voulu rédiger après lecture du manuscrit. Librement exprimées, contradictoires pour certaines, ces opinions enrichissent un débat suscité par les options du groupe que d'aucuns estimerait trop consensuelles.

Le thème traité dans l'ouvrage est un condensé des documents émanant des nombreux échanges au sein du groupe. Un CD Rom, inséré sous la couverture, rassemble ces textes et offrira ainsi un utile complément d'informations.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, Professeur des ENV, Directeur de recherche honoraire de l'INRA, ancien Président du CNEVA.

SAVEZ-VOUS GOÛTER LES LÉGUMES SECS ?¹

par Bruno Couderc, Gilles Daveau, Danièle Mischlich, Caroline Rio, Kim Jonker



Hervé This². – La soixante-huitième Assemblée générale des Nations Unies a proclamé 2016 Année internationale des légumineuses, « afin de sensibiliser l'opinion publique aux avantages nutritionnels des légumineuses dans le cadre d'une production vivrière durable, à l'appui de la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Cette célébration vise à mieux exploiter les protéines issues des légumineuses, à renforcer la production de légumineuses à l'échelle mondiale, à tirer un meilleur parti de la rotation de cultures et à trouver des solutions aux problèmes qui se posent dans le commerce des légumineuses ».

Lentilles, haricots, pois ou pois chiches constituent une part essentielle du panier alimentaire de base de nombreuses populations. Les légumineuses sont une source essentielle de protéines et d'acides aminés d'origine végétale, de sorte que certains pensent qu'elles « devraient être consommées davantage, afin de lutter contre l'obésité », mais aussi de « prévenir et traiter les maladies chroniques telles que le diabète, les pathologies cardiovasculaires et le cancer » ; en outre, leur « propriétés fixatrices d'azote peuvent contribuer à accroître la fertilité des sols et avoir des effets bénéfiques sur l'environnement ».

De ce fait, chacun y va de sa journée, son colloque, son film, son livre. Ici, deux cuisiniers, une photographe, un médecin et une nutritionniste se sont associés pour produire un livre illustré qui mêle une « histoire naturelle et morale » des légumes secs, en même temps que des recettes de cuisine. A propos de fèves, de pois chiches, de lentilles, on découvre des recettes de potages, salades, sauces, plats, gâteaux...

Revenons maintenant sur tout ce qui a été dit jusqu'ici, puisqu'il s'est agi de donner des faits, sans interpréter.

Oui, les légumes secs constituent une partie essentielle du panier alimentaire, et oui, ces produits enferment des protéines et des acides aminés. Ici, il faut profiter de l'occasion pour rappeler que la découverte des « albumines végétales » (entendons « les protéines végétales ») fut un séisme, dans le monde

¹ Presses de l'École des hautes études en santé publique. Rennes, 2014.

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Physico-chimiste INRA, Directeur de l'International Center for Molecular Gastronomy, Directeur scientifique de la Fondation Science et Culture alimentaire (Académie des Sciences).

de la chimie et des sciences des aliments, parce que l'on trouvait dans les végétaux un « principe » des animaux, ce qui rapprochait des règnes séparés par la Bible.

L'albumine apparaît avec un médecin et chirurgien de l'Hôtel Dieu, à Mantes, François Quesnay (1694-1774), un des premiers physiocrates, auteur d'un *Tableau économique de la France*, en 1758. Il avait été frappé par la ressemblance du blanc d'œuf et de la lymphe, au point qu'il parla de « la lymphe albumineuse et les autres humeurs du même type ». Comme la blancheur intrinsèque lui semblait importante, il introduisit le mot « albumineux », d'*alba*, qui signifie « blanc », en latin, qui fut repris en 1751, dans l'Encyclopédie de Denis Diderot et Jean Le Rond D'Alembert.

Dans la chimie du XVII^e siècle comme aujourd'hui, les propriétés chimiques déterminent – évidemment- les corps, mais la précision s'arrête à celle des observations, en l'occurrence des caractérisations simples, tels que traitements thermiques, observations visuelles : « *L'huile albumineuse a des propriétés fort singulières, dont il est difficile de découvrir le principe : elle se durcit au feu, & même dans l'eau chaude ; elle ne se laisse point délayer par les liqueurs vineuses, même par l'esprit-de-vin, ni par l'huile de terebenthine, & les autres huiles résineuses fluides ; au contraire, ces huiles la durcissent. Elle contient assez de sel tartareux pour être fort susceptible de pourriture, sur-tout lorsqu'elle est exposée à l'action de l'air ; mais elle n'est sujette à aucun mouvement de fermentation remarquable, parce que son sel est plus volatilisé & plus tenacement uni à l'huile que celui des végétaux ; aussi le feut le fait-il facilement dégénérer en sel alkali volatil ; ce qui n'arrive presque pas au sel tartareux des végétaux, sur-tout lorsqu'il n'est encore uni qu'à une huile mucilagineuse.* »

En 1777, le chimiste Pierre Joseph Maquer utilise le concept d'albumine dans ses écrits et, notamment, dans son *Dictionnaire de Chimie*, où il ajoute aux caractérisations précédentes la propriété de coagulation par les acides ou par l'alcool. Puis, en 1792, Antoine François de Fourcroy (Paris, 1755 - Paris, 1809) fait le point sur l'albumine, dans l'*Encyclopédie méthodique*³, qui distingue alors l'albumen et l'albumine. Il définit le premier de la façon suivante :

« *On a emprunté ce mot du latin, pour désigner la matière du blanc de l'œuf, & il est devenu d'un usage assez général pour le regarder come françois ; mais ce n'est pas seulement pour exprimer en particulier le blanc de l'œuf, qu'on l'employe aujourd'hui. Depuis que l'analyse chimique d'un grand nombre de substances animales a fait reconnoître dans beaucoup de ces substances des propriétés toutes semblables à celles du blanc de l'œuf, on a adopté le mot albumen, pour désigner cette matière dans quelque corps qu'on la considère, à quelque humeur ou à quelque partie des animaux qu'elle appartienne.* »

Et c'est plus loin qu'il fait état d' « albumen végétal », reconnu appartenir à la même catégorie que le blanc d'œuf en raison de similitudes chimiques : « *Ce fluide très-abondant dans les animaux, se trouve aussi dans plusieurs végétaux, & il se présente sous différents états. Quelquefois il est délayé avec différents fluides, ou combiné avec d'autres substances ; d'autres fois il est pur & seulement contenu dans un tissu cellulaire très-fin, alors il est diaphane, il a peu de faveur, il a une consistance épaisse, visqueuse, filante, il est soluble dans l'eau, il verdit le syrop de violette, & les papiers colorés avec les pétales des fleurs bleües, parce qu'il contient du carbonate de soude. Si on l'expose à une chaleur de quatre-vingt degrés au thermomètre de Réaumur [100°C], il devient blanc, opaque, & concret ; l'assusion de l'alcool & des acides concentrés, lui donne dans l'instant la même opacité, la même consistance ; ainsi, concret ou durci, comme on le dit ordinairement, l'albumen n'est plus soluble dans l'eau ; mais il se dissout très-bien par les alcalis, & sur-tout par l'ammoniaque ; l'albumen passe aussi à la putréfaction, mais sans acidité, & lorsqu'il est mélangé ou dissous dans un fluide, il s'en sépare en flocons blanchâtres à la chaleur de l'eau bouillante ; enfin, outre toutes ces propriétés si distinctives, il a des affinités particulières avec différentes substances, ce qui le rend d'un usage important dans quelques préparations pharmaceutiques.* »

Oui, donc, les légumes secs contiennent ces protéines et acides aminés dont nous avons besoin pour nous donner l'azote dont nous avons besoin, mais s'arrêter à cet azote est insuffisant : non seulement nous avons des besoins spécifiques en acides aminés, et, d'autre part, la biodisponibilité d'espèces chimiques comme le fer varie beaucoup selon les ingrédients alimentaires. Par exemple, pour le fer, celui des végétaux est environ 100 fois moins biodisponibles que celui des viandes, alors même que nos populations sont en sub-carence de fer. Remplacer les viandes par des végétaux, notamment par des légumineuses, ne sera pas si facile... d'autant que les fibres des végétaux sont souvent à l'origine de ballonnements et de flatulences.

³ *l'Encyclopédie méthodique*, Chimie, pharmacie et métallurgie (La chimie par M. Fourcroy ; la pharmacie par M. Maret ; la métallurgie par M. Duhamel). Tome second, Paris, Panckoucke, p. 11

Luttera-t-on bien contre l'obésité avec des légumes secs ? Ce n'est pas certain, et l'on doit craindre les causalités simplistes, tout comme les panacées. Les légumineuses préviendront-elles les « maladies chroniques telles que le diabète, les pathologies cardiovasculaires et le cancer » ? Là encore, ce serait trop simple ! Et puis, « le cancer »... Je ne crois pas qu'il faille promettre trop : cela affaiblit nos discours. Enfin, pour la fixation de l'azote, si le projet est encore peut-être éloigné, il ne doit pas faire reculer les institutions scientifiques, qui démériteraient si elles ne considéraient pas une telle question.

Mais ce sont là de graves questions qui me dépassent, moi qui m'intéresse à la cuisine. Revenons donc à nos casseroles. Oui, il y a mille recettes possibles à partir de légumes secs... à condition de bien les cuire. Or le livre dont il est question ici oublie toutefois un conseil essentiel : il y a des eaux où les légumes secs ne cuisent quasiment pas ! Et j'attribue à ces eaux une partie de la désaffection des légumes secs en cuisine, car c'est alors une perte d'énergie, de temps, d'enthousiasme... En ces temps où la « nature » est une notion démagogique, je crois au contraire très important de bien dire que...

Non, de ne rien dire, mais de proposer des expériences simples, telle celle qui consiste à comparer des casseroles identiques où l'on a mis des lentilles et de l'eau ; dans la première casserole, on laisse l'eau du robinet en l'état ; dans la deuxième, on ajoute un filet de vinaigre blanc ; dans la troisième, on ajoute du sel gris, non raffiné ; et dans la quatrième, on met une pincée de « bicarbonate », ce qui mériterait plus justement d'être nommé hydrogénocarbonate de sodium et qui est classé dans la catégorie des additifs, sous le code E500ii. On porte à ébullition et l'on goûte périodiquement le contenu de la casserole d'eau du robinet. Quand les lentilles de cette casserole sont cuites, on les compare aux lentilles des autres casseroles, et le résultat est éclatant : avec du vinaigre, les lentilles sont encore dures, alors qu'elles sont en purée avec du bicarbonate !

Sans interpréter le phénomène (il est simple), je veux simplement signaler que c'est un comportement incohérent que de ne pas utiliser le bicarbonate en cuisine. Après tout, on utilise bien un tournevis pour tourner des vis, mais un marteau pour enfoncer des clous. Ayons, pour cuisiner, l'outil approprié !

Et je veux terminer ici cet examen « culinaire » des légumes secs en rappelant que le « Projet Note à Note » vise à fractionner, à la ferme, les produits végétaux, tout comme on le fait déjà pour le lait ou pour le blé. Fractionner, extraire : la différence est faible. Or n'extrait-on pas le saccharose de la betterave ? Pourquoi, alors, n'extrairait-on pas des protéines végétales des légumineuses, et pourquoi serions-nous condamnés à utiliser, en cuisine, ces légumes secs qui n'ont pas réussi à s'imposer aussi parfaitement que les Nations Unies le voudraient ?

C'est là ma question conclusive : si les légumineuses sont importantes pour l'alimentation, sous quelle forme doit-on les utiliser ?

REPÈRES – SOLS ET ENVIRONNEMENT - CHIFFRES CLÉS

Service de l'observation et des statistiques – Sous-direction de l'information environnementale -
Véronique Antoni - Édition 2015



Michel-Claude Girard¹. – **Enfin des réponses à des questions que l'on se pose ... ou qu'on oublie de se poser.**

Les enseignants n'auront plus à chercher partout où trouver telle ou telle information ; les étudiants trouveront de quoi illustrer et compléter leurs cours.

Ici ou là, y a-t-il du zinc, du plomb, du cuivre ou du lindane, du fluoranthène, de la chlordécone ou du lindane ?

Et la radioactivité naturelle ou d'origine artificielle, où se situent-elles ?

Où se trouvent les sols agricoles les plus artificialisés ?

Combien y a-t-il d'eau, de carbone ou de phosphore dans ce canton ?

L'Alsace et Rhône-Alpes fournissent-ils près de 30% de la production de sable et graviers ?

Les glissements de terrain, les coulées d'eaux boueuses, l'érosion, la compaction des sols, les retraits-gonflement d'argile, où n'y en a-t-il pas ?

Voilà quelques questions dont les réponses sont données avec une carte et 15-20 lignes.

Le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, en collaboration avec ses partenaires du Groupement d'intérêt scientifique sur les sols (Gis Sol), publie un panorama d'indicateurs et de chiffres clés sur les sols et l'environnement.

Parus Novembre 2015 pour l'année internationale des sols, ce petit opuscule présente une information inversement proportionnelle à son format (10cm x 15 cm). Format qui permet de le garder dans sa poche.

Ce petit ouvrage répond à 50 questions que l'on se pose sur les sols. On y trouve les chiffres de 2015 pour l'état des sols en France. Il comporte 3 parties et une annexe.

1) L'état des sols en France : diversités, fertilité, biodiversité, métaux et micropolluants ;

2) les pressions exercées sur les sols : Pressions agricoles, consommation de ressources et pressions industrielles ;

3) Les risques : pertes en terre et autres risques environnementaux.

En annexes se trouvent les programmes du GIS Sol : cartographie, banques de données d'analyse de terre et des éléments traces métalliques, réseau de la qualité des sols.

Cet ouvrage est aussi disponible sur internet, ce qui permet d'agrandir les cartes.

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/2369/1122/sols-environnement-chiffres-cles-edition-2015.html>

Voilà un très bon outil capable d'éviter des généralisations hâtives en ce qui concerne les informations sur les sols et qui réponds à plusieurs questions actuelles.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Ingénieur agronome –pédologue. Professeur émérite AgroParisTech. Rédacteur en chef de la revue « Science du sol ».

NÉCROLOGIES



Robert Cassou, membre correspondant de la section 3, est décédé le 3 octobre 2015 dans sa 102^{ème} année. Précurseur dès 1963 avec l'invention de la fameuse « *paillette française* », il fut le père de l'insémination artificielle. C'est en 1963 que Robert Cassou a fondé, à L'Aigle, la société IMV (Instruments de médecine vétérinaire). Au préalable, il avait créé en 1946 le premier centre d'insémination artificielle pour bovins. En 1952, il avait été nommé directeur du premier centre français d'insémination artificielle bovine, déjà à L'Aigle. **Robert Cassou** était officier de la Légion d'honneur.



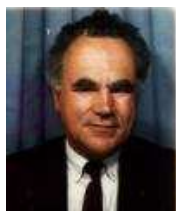
Marcel Jamagne, membre titulaire de la section 7, est décédé le 30 septembre 2015 dans sa 84^{ème} année. Directeur de recherche émérite de l'INRA, ancien directeur du service d'étude des sols et de la carte pédologique de France. Ingénieur des eaux et forêts, il était titulaire d'un doctorat ès sciences de l'Université de Gembloux. Il fut, en collaboration avec **Jean Hébert**, le rédacteur de la première carte pédologique des sols au 1/25 000^{ème} levée en France, celle du département de l'Aisne, de 1962 à 1972. **Marcel Jamagne** était officier du Mérite agricole et chevalier de la Légion d'honneur.



Roger Ferré, membre titulaire de la section 9, est décédé le 16 septembre 2015 dans sa 92^{ème} année. Agriculteur, ancien maire de Saint-Martin-la-Rivière et de Valdivienne, il a aussi été président de la coopérative des agriculteurs de la Vienne, président de la caisse locale du Crédit agricole de Chauvigny, président de la caisse locale et administrateur (centre Atlantique) de Groupama, administrateur de la Fédération française des coopératives, du centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains, et président de la Fondation **Xavier Bernard**. **Roger Ferré** était chevalier de la Légion d'honneur.



Joseph Hudault, membre titulaire de la section 4 et membre AEHA, est décédé le 7 septembre 2015 dans sa 76^{ème} année. Professeur émérite de l'Université Paris I Panthéon-Sorbonne, président d'honneur du CEDR, directeur de recherche, il exerçait son expertise dans les domaines du droit international, droit de l'agriculture et des filières agro-alimentaires. **Joseph Hudault** était officier de la Légion d'honneur et du Mérite agricole, chevalier du Mérite maritime.



Henry-Hervé Bichat, membre correspondant de la section 7, est décédé le 31 août 2015 dans sa 78^{ème} année. Ingénieur général honoraire du génie rural, des eaux et des forêts, il fut chef de service à la direction des aménagements ruraux de Côte d'Ivoire, fondateur et premier directeur général du CIRAD, ancien directeur général de l'INRA, ancien directeur général à la DGER du Ministère de l'agriculture, président des sections "agriculture" puis "aménagement du territoire" au CGGREF. **Henry-Hervé Bichat** était chevalier dans l'ordre national de Côte d'Ivoire, commandeur du Mérite agricole et officier de la Légion d'honneur.



Jean Gadant, membre titulaire de la section 2, est décédé le 16 août 2015 dans sa 90^{ème} année. Ingénieur général honoraire du génie rural, des eaux et des forêts, il exerçait son expertise dans les domaines du reboisement, de la sylviculture, de la gestion forestière et de l'économie forestière. **Jean Gadant** était commandeur du Mérite agricole, officier des Palmes académiques, chevalier dans l'ordre national du Mérite et officier de la Légion d'honneur.



Jean-François Lacaze, membre correspondant de la section 2, est décédé le 12 août 2015 dans sa 87^{ème} année. Ingénieur des eaux et forêts, il fut chef de circonscription au Maroc, Chargé de cours à l'Ecole nationale des eaux et forêts de Nancy et chef du Département des recherches forestières de l'INRA, il exerçait son expertise dans les domaines de la foresterie et de l'amélioration génétique des espèces forestières. **Jean-François Lacaze** était commandeur du Mérite agricole, officier dans l'ordre national du Mérite et chevalier de la Légion d'honneur.



Claude Charreau, membre correspondant de la section 1, est décédé le 10 juin 2015 dans sa 87^{ème} année. Ancien directeur de l'IRAT, il exerçait son expertise dans les domaines de la pédologie et de l'agronomie tropicale : sols et problèmes posés par leur mise en valeur, particulièrement dans les zones tropicales semi-arides. **Claude Charreau** était chevalier du Mérite agricole et chevalier de la Légion d'honneur.

**PROCÈS VERBAL DES OPÉRATIONS DE VOTE
DU 9 DÉCEMBRE 2015**

- Nombre de Membres titulaires et émérites figurant, à la date du 9 décembre 2015, sur le tableau de composition de l'Académie : 187

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| - Quorum nécessaire (art. 21 du R.I.) | 94 |
| - Nombre de votants | 118 |
| - Nombre de suffrages exprimés | 114 à 118 |

Le quorum étant atteint, le dépouillement a pu être effectué

- Le scrutin est ouvert à 13 h.

- Les cinq listes, avec le nombre de voix obtenues par les candidats, sont jointes au présent procès-verbal.

ÉLECTIONS DU BUREAU

<u>Président</u> :	Paul VIALLE	109 voix (élu)
<u>Vice-président</u> :	Michel CANDAU	114 voix (élu)
<u>Vice-trésorier</u> :	Daniel-Éric MARCHAND	116 voix (élu)
<u>Vice-secrétaire</u> :	N...	

ÉLECTIONS DE MEMBRES TITULAIRES

- Section Productions végétales

↳ **Yves LESPINASSE**
François DESPREZ

111 voix (élu)
7 voix

- Section Forêts et filière bois

↵ Bernard ROMAN-AMAT Jean-Luc PEYRON	115 voix (élu) 3 voix
↵ François HOULLIER Jacques VALEIX	114 voix (élu) 4 voix

- Section Sciences humaines et sociales

↵ Claude DEBRU Brigitte LAQUIEZE	114 voix (élu) 4 voix
↵ Marie-Claude MAUREL Alain REVEL	118 voix (élue) 0 voix
↵ Henri ROUILLÉ D'ORFEUIL François COLSON	109 voix (élu) 9 voix
↵ Laurent THÉVENOT Bernard HUBERT	116 voix (élu) 2 voix

- Section Interactions milieux-êtres vivants

↵ Jean-Luc JULIEN Jacques RANGER	116 voix (élu) 2 voix
-------------------------------------	--------------------------

- Section Sciences de la vie

↵ Hubert LAUDE Gérard CORTIER	118 voix (élu) 0 voix
↵ Bernard MAUCAHMP Arlette LAVAL	118 voix (élu) 0 voix
↵ Agnès RICROCH Dominique PLANCHENault	116 voix (élue) 2 voix

- Section Environnement et territoires

↵ Pierre DONADIEU Yves BRUNET	110 voix (élu) 8 voix
↵ Yves SOUCHON Agnès DUCHARNE	115 voix (élu) 3 voix

↵ Christian VALENTIN	118 voix (élu)
Chantal GASCUEL	0 voix

- Section Alimentation humaine

↵ Jean-Michel WAL	118 voix (élu)
Dominique PARENT-MASSIN	0 voix
↵ Any CASTAINGS	114 voix (élue)
Jacques GUILPART	4 voix
↵ Pascale HÉBEL	118 voix (élue)
Jean-Christophe AUGUSTIN	0 voix

- Section Agrofournitures

↵ Daniel-Eric MARCHAND	114 voix (élu)
Laurice PECHBERTY	4 voix

- Section Économie et politique

↵ Jean-Paul CHARVET	114 voix (élu)
Joseph GARNOTEL	4 voix

↵ Jean-Claude GUESDON	118 voix (élu)
Jean-Paul BONNET	0 voix

ÉLECTIONS DE MEMBRES CORRESPONDANTS

- Section Productions végétales

↵ Noëlle DORION	114 voix (élu)
↵ Philippe GATE	114 voix (élu)

- Section Forêts et filière bois

↵ Marc-Antoine DE SEZE	110 voix (élu)
------------------------	----------------

- Section Production animale

↵ Jean-Pierre GUYONNET	111 voix (élu)
↵ Anne-Marie HATTENBERGER	114 voix (élue)
↵ Pierre JULIENNE	114 voix (élu)
↵ Muriel MAMBRINI-DOUDET	114 voix (élue)
↵ Jean-Louis PEYRAUD	113 voix (élu)

- Section Sciences humaines et sociales

↳ François COLLART DUTILLEUL 114 voix (élu)

- Section Interactions milieux-êtres vivants

↳ Guilhem BOURRIÉ 114 voix (élu)
 ↳ Pierre CELLIER 114 voix (élu)
 ↳ Claire CHENU 113 voix (élue)

- Section Sciences de la vie

↳ Serge POULET 114 voix (élu)

- Section Environnement et territoires

↳ Alain BERNARD 114 voix (élu)
 ↳ Christine KING 114 voix (élue)

- Section Alimentation humaine

↳ Philippe IMBERT 113 voix (élu)
 ↳ Jean MANE 114 voix (élu)
 ↳ Michel SERPELLONI 114 voix (élu)

- Section Agrofournitures

↳ André FOUGEROUX 112 voix (élu)

- Section Économie et politique

↳ Guillaume BENOIT 114 voix (élu)
 ↳ Chantal CHOMEL 114 voix (élue)
 ↳ Thierry POUCH 114 voix (élu)

ÉLECTIONS DE MEMBRES ASSOCIÉS ÉTRANGERS
--

↳ Alexander RYBALKA 117 voix (élu)
 ↳ Luca UZIELLI 117 voix (élu)
 ↳ Daniel GIANOLA 117 voix (élu)
 ↳ Dacian CIOLOS 117 voix (élu)
 ↳ Stanislaw BIALOUSZ 117 voix (élu)
 ↳ Luis SALTOS PEREIRA 117 voix (élu)

↳ **Christian LIPPERT**

117 voix (élu)

ÉLECTIONS DE CORRESPONDANTS ASSOCIÉS ÉTRANGERS

- Section Interactions milieux-êtres vivants

↳ **Denis ANGERS**

118 voix (élu)

- Section Environnement et territoires

↳ **Imre KOVACH**

118 voix (élu)

- Section Alimentation humaine

↳ **Jennifer VERVIER**

118 voix (élue)

Le scrutin est clos à 15 heures

Le Secrétaire perpétuel,

La Présidente,

Gérard TENDRON

Jeanne GROSCLAUDE

Le Président du bureau de vote

L'assesseur

Christian MARÉCHAL

Claude SULTANA

Responsables de l'édition :

Christian Ferault : christian.ferault@voila.fr

Jean-Claude Mounolou : mounoloujcm@orange.fr

Secrétariat de rédaction

Christine Ledoux-Danguin
christine.ledoux@academie-agriculture.fr