

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

LE « BIEN-ÊTRE » DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE ; ATTENTION AUX MALENTENDUS

**APPROCHES SYSTÉMIQUES DE LA NUTRITION MINÉRALE DES PLANTES
EN BIOLOGIE ET EN AGRONOMIE**

**RÉGLEMENTATION SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTALE : OBSTACLE OU
STIMULANT POUR LES INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES ?**

LA ROTATION LONGUE

POLLUTION ENVIRONNEMENTALES : DIAGNOSTIC SCIENTIFIQUE

COMMUNICATION CHEZ LES VÉGÉTAUX

ALLERGIES ALIMENTAIRES ET ENVIRONNEMENT

LA CRISE DU CLIMAT, LE GIEC ET LE SECTEUR AGRICOLE

SYSTÈMES DE PRODUCTION DE VOLAILLES, UN NOUVEL ENVOL

SOMMAIRE

SÉANCES D'AVRIL À JUIN 2019

- 3 **LE « BIEN-ÊTRE » DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE ; ATTENTION AUX MALENTENDUS**
Séance animée par **Gérard MAISSE** (3 avril 2019)
Le bien-être des animaux ; définition et évaluation, par **Pierre MORMÈDE**.
Bien-être animal ou libération animale ? par **Francis WOLFF**.
Le bien-être des animaux d'élevage ; enjeux et conditions de sa mise en œuvre
par **Christiane LAMBERT**.
- 11 **APPROCHES SYSTÉMIQUES DE LA NUTRITION MINÉRALE DES PLANTES EN BIOLOGIE ET EN AGRONOMIE**
Séance animée par **Jean-François BRIAT** (10 avril 2019)
Une approche dynamique de la nutrition minérale des plantes pour une fertilisation durable des cultures, par **Gilles LEMAIRE**.
Physiologie moléculaire de la nutrition azotée des plantes : quels liens entre mécanismes moléculaires et approches agronomiques ? par **Alain GOJON**.
Vers une compréhension de la signalisation nutritionnelle combinée chez les plantes, par **Hatem ROUACHED**.
- 23 **LA RÉGLEMENTATION SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTALE EST-ELLE UN OBSTACLE OU UN STIMULANT À L'INNOVATION POUR LES INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES ?**
Séance animée par **Jean-Michel WAL** (17 avril 2019)
Les aspects juridiques des interrelations entre réglementation et innovation dans les IAA, par **Nicole COUTRELIS**.
La réglementation peut favoriser l'innovation, améliorer le fonctionnement du marché et la compétitivité des entreprises : l'hypothèse de Porter, par **Pierre COMBRIS**.
L'acrylamide ou comment innover en matière de réglementation ? Une opportunité pour l'industrie agro-alimentaire européenne, par **Pierre GONDÉ**.
- 27 **LA ROTATION LONGUE : PRATIQUE AGRICOLE INDISPENSABLE POUR UNE AGRICULTURE MULTI-PERFORMANTE**
Séance animée par **Philippe VIAUX** (15 mai 2019)
Effet des rotations sur le potentiel de rendement des cultures en France : un enjeu de productivité, par **Irène FÉLIX**.
Introduction de légumineuses dans les rotations : Expériences d'un groupe DEPHY FERME en Polyculture Élevage, par **Véronique LAUDINOT**.
Comment les coopératives s'impliquent pour favoriser l'allongement des rotations, par **Benoît CHORRO**.

- 33 **POLLUTIONS AUJOURD'HUI ET DEMAIN**
Séance animée par **Jean-Louis RIVIÈRE, Sébastien SAUVÉ** et **René SEUX** (22 mai 2019)
L'état des recherches en écotoxicologie des pesticides, par **Thierry CAQUET**.
Les polluants passés, présents et futurs, par **Sébastien SAUVÉ**.
La pollution du sol et ses conséquences sur la faune épigée et endogée,
par **Christian MOUGIN**.
- 39 **LA COMMUNICATION CHEZ LES VÉGÉTAUX : MYTHE OU RÉALITÉ**
Séance animée par **Francis MARTIN** (29 mai 2019)
Les réseaux mycorhiziens qui relient les plantes : faits et perspectives,
par **Marc-André SELOSSE**.
Sensibilité aux signaux chimiques de l'environnement et communication chez les plantes,
par **Catherine LENNE**.
Sensibilité aux signaux physiques de l'environnement et question de l'intelligence végétale,
par **Bruno MOULIA**.
- 51 **ENVIRONNEMENT ET ALLERGIES ALIMENTAIRES**
Séance animée par **Jean-Michel WAL** (5 juin 2019)
Les allergies alimentaires en pleine expansion : reconnaître les symptômes, connaître les
mécanismes, ne pas méconnaître les facteurs de risque, par **Étienne BEAUDOIN**.
Entre pollen et aliment : à la croisée des sensibilisations allergiques, par **Pascal PONCET**.
Impact des modifications de l'environnement sur le potentiel allergisant des végétaux,
par **Hélène SÉNÉCHAL**.
- 61 **CRISE DU CLIMAT, GIEC ET AGRICULTEURS**
Séance animée par **Wolfgang CRAMER** et **Nathalie de NOBLET-DUCOUDRÉ**
(12 juin 2019)
Changement climatique : évaluation des connaissances, état des lieux et projections
pour l'avenir, par **Valérie MASSON-DELMOTTE**.
Changement climatique et l'agriculture : évidences passées et risques / opportunités à venir
pour la filière agricole en France, par **Jean-François SOUSSANA**.
Stabiliser le climat, c'est possible ? par **Henri WAISMAN**.
- 65 **SYSTÈMES DE PRODUCTION DE VOLAILLES, UN NOUVEL ENVOL**
Séance animée par **Michel DUCLOS, Yves de la FOUCHARDIÈRE**
et **Pascale MAGDELEINE** (19 juin 2019)
La filière avicole française face à une compétition accrue sur le marché européen et mondial et à
des attentes sociétales croissantes, **Pascale MAGDELEINE**.
Histoire et conséquences de la concentration de la sélection avicole dans le monde,
par **Louis PERRAULT**.
Une démarche intégrée de recherches pour répondre à la diversité des attentes en matière de
qualité des produits de volaille, par **Cécile BERRI**.
- 73 **Présentations d'ouvrages**
- 101 **Présentations de thèses**
- 132 **Vie de l'Académie**
Visites diverses

LE « BIEN-ÊTRE » DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE ; ATTENTION AUX MALENTENDUS

Séance organisée par la section « Production animale » (3) en partenariat avec la section « Sciences humaines et sociales » (4)

Le concept de « bien-être animal » est désormais adopté sans nuance dans le langage médiatique et politique dans un contexte de contestation multiforme de l'élevage. Dans les sociétés occidentales les controverses sont alimentées par deux visions critiques bien différentes : le « welfarisme » qui œuvre en faveur de l'amélioration des conditions de vie des animaux d'élevage sans remettre en cause leur utilisation au profit de l'homme et le « véganisme », vision radicale qui prône l'abolition de l'élevage, minoritaire mais très médiatisée, dont la doctrine considère que les animaux ne sont pas des biens à la disposition de l'homme.

La définition du « bien-être animal » a fait l'objet de plusieurs tentatives dont la plus récente est celle retenue par l'Anses dans son avis du 16 février 2018 qui s'appuie notamment sur les conclusions de deux expertises scientifiques collectives de l'Inra, l'une sur les douleurs animales en élevage (édition Quae 2013) et l'autre sur la conscience des animaux (éditions Quae 2018). Dans son avis l'Agence souligne la difficulté de l'exercice en précisant que « toute définition du bien-être des animaux doit être assez générale pour s'appliquer à tous les contextes où les animaux sont affectés par les humains [et à la fois] suffisamment précise pour être utile en application pratique sur le terrain ».

L'intérêt que porte la section 3 à ce thème n'est pas nouveau puisqu'il a notamment donné lieu à la publication de l'ouvrage intitulé « Éthique des relations Homme/Animal. Pour une juste mesure » (Bernard Denis coordinateur, Édition France Agricole 2015) et à l'attribution, en 2017, de la médaille d'Or de l'Académie à Robert Dantzer pour l'application à l'élevage de ses travaux en neurobiologie des troubles comportementaux. C'est tout naturellement que plusieurs membres de la section 3 ont publié un point de vue pour dire qu'une définition du bien-être animal, donnée sur de seules interprétations scientifiques et philosophiques, ne pouvait pas s'imposer comme la référence en élevage sans que les éleveurs aient pu apporter leurs savoirs (professionnel et profane), fruits de 10 000 ans de "coévolution". Afin d'aller plus loin dans la réflexion sur le concept de bien-être des animaux d'élevage la section « production animale » propose d'organiser, avec la section « Sciences humaines et sociales » (4), une séance publique dont un des principaux objectifs serait de lever les malentendus, facteurs de crispations nuisibles à l'évolution de l'élevage.

BIEN-ÊTRE ANIMAL : CONTEXTE, DÉFINITION ET ÉVALUATION

par Pierre **MORMÈDE**¹

L'importance du bien-être des animaux qui vivent sous la dépendance des humains (animaux d'élevage, de compagnie, de zoo, de cirque, d'expérimentation...) s'est affirmée progressivement au cours des 50 dernières années. Dans le contexte des animaux de production, la prise en considération du bien-être s'est imposée plus récemment aussi bien chez les citoyens-consommateurs que chez les professionnels impliqués dans l'élevage, ainsi que chez tous les acteurs impliqués dans l'élaboration et le commerce des produits d'origine animale. L'analyse du bien-être des animaux nécessite une prise en compte des composantes liées à l'animal et des nombreuses influences associées aux facteurs sociaux et physiques du milieu de vie de l'animal qui peuvent modifier l'évaluation du risque d'atteinte à son bien-être.

Dans cette note de réflexion, le concept de bien-être animal a été replacé dans ses contextes, philosophique, sociétal et juridique, qui influencent sa prise en compte et la signification qui lui est conférée. Une attention particulière a été portée aux bases scientifiques de la notion de bien-être, qui repose sur les caractéristiques psychiques des animaux, êtres sensibles et conscients. Dans ce domaine de l'univers mental des animaux, les connaissances sur les contenus de conscience sont encore limitées dans les diverses espèces, même si on se restreint aux principales espèces domestiques. L'impact du mode d'élevage et/ou des différents stades de développement de l'individu sur le contenu psychique des animaux est encore insuffisamment étudié.

La définition du concept de bien-être proposée par les experts du CES SABA et du GT BEA est centrée sur l'état mental de l'individu dans son environnement. Cette dimension mentale porte l'attention sur le fait qu'une bonne santé, un niveau de production satisfaisant ou une absence de stress ne suffisent pas. Il faut aussi prendre en compte ce que l'animal ressent, les perceptions subjectives déplaisantes, telles que la frustration, la douleur et la souffrance, mais aussi rechercher les signes d'expression d'émotions positives. Cette définition se démarque clairement du concept de bientraitance qui fait référence aux actions humaines positives envers l'animal. Si la bientraitance est un préalable indispensable au bien-être des animaux, il est nécessaire cependant de se tourner vers l'animal pour s'assurer de l'efficacité de ces mesures pour assurer son bien-être. En outre, la définition proposée reconnaît la variation de l'état mental de l'animal en fonction de sa perception de la situation, ce qui laisse la possibilité d'évoluer en intégrant les nouvelles connaissances sur les états mentaux des animaux et en particulier sur leur niveau de conscience.

L'évaluation du bien-être des animaux nécessite une bonne connaissance non seulement de la biologie des espèces concernées, y compris de leurs antécédents évolutifs, mais aussi

¹ Directeur de recherche émérite à l'Inra, membre de l'Académie vétérinaire de France, expert Santé et bien-être des animaux à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) (*)

des méthodes adaptées à cette évaluation. L'analyse des comportements et de l'état physiologique et sanitaire de l'animal donne une vision intégrée de son bien-être. Ces mesures sur les animaux sont conjuguées aux données sur l'environnement dans les protocoles d'évaluation du bien-être. Pour un usage pratique sur le terrain, de nombreuses grilles d'évaluation ont été élaborées avec des degrés de complexité variables. Il est indispensable que des outils spécifiques soient développés selon les espèces, les stades de développement, les conditions de l'environnement. L'utilisation de plus en plus répandue d'outils d'évaluation sous forme de grilles donne une vision plus objective et plus précise de la situation vis-à-vis du bien-être des animaux, dépendant du contexte de leur rapport aux humains. Le développement de ces connaissances fournira une base solide pour l'analyse du risque d'atteinte au bien-être des animaux.

(*) Cet exposé reprend l'article **Bien-être animal : contexte, définition, évaluation**, Pierre MORMEDE, Lucille BOISSEAU-SOWINSKI, Julie CHIRON, Claire DIEDERICH, John EDDISON, Jean-Luc GUICHET, Pierre LE NEINDRE, Marie-Christine MEUNIER-SALAÛN

INRA Productions animales 31(2), 145-162 (2018)

<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.2.2299>

BIEN-ÊTRE ANIMAL OU LIBÉRATION ANIMALE ?

par Francis WOLFF¹

Les scientifiques (éthologues, vétérinaires) discutent actuellement diverses définitions du bien-être animal. Mais ces discussions sont en fait étouffées par des mouvements beaucoup plus radicaux : antispécistes, véganes, etc.

C'est là que commencent les confusions.

Alléger la souffrance des hommes ou des bêtes, qui pourrait être contre cet idéal généreux ? Cependant, la mode végane n'est pas un brusque accès de fièvre altruiste. Les associations caritatives, qu'elles s'occupent de la détresse des sans-abris ou de l'accueil des réfugiés, le constatent quotidiennement : c'est comme si l'obsession animalitaire avait éclipsé la plus élémentaire préoccupation humanitaire.

Lutter contre le productivisme de l'élevage industriel qui réduit souvent les bêtes à des objets, n'est-ce pas un objectif vertueux ? Cependant, le mouvement abolitionniste, telle l'association ne défend pas l'amélioration des conditions d'élevage mais son abolition : « il n'y a pas de bon élevage, c'est forcément une exploitation des plus faibles ». Il n'est plus question de défendre le « bien-être animal » ni même la « bien-traitance », il est désormais question de nous passer de toute relation avec les animaux.

N'est-il pas nécessaire de défendre les animaux de compagnie quand on sait le réconfort qu'ils apportent aux personnes isolées ? Cependant, les mouvements de « libération animale » s'appuient sur une idéologie antispéciste qui milite au contraire pour leur éradication. Selon

¹ Philosophe, professeur émérite à l'École normale supérieure de la rue d'Ulm.

eux, les animaux devraient vivre libres et, afin d'éviter que se propagent ces races esclaves, il faudrait les stériliser !

À l'heure des désastres causés par l'exploitation forcée de la nature, n'est-il pas temps de revenir au respect de toutes les formes de vie ? Cependant, l'actuelle idéologie animaliste n'a rien à voir avec l'écologie. La première ne s'intéresse qu'aux individus capables de souffrir, la seconde s'inquiète de l'équilibre global entre espèces et ne fait pas de différence entre être vivants sensibles et non sensibles. Opposées dans leurs principes, elles ont aussi des conséquences contraires : pour préserver certains équilibres écosystémiques, il faut parfois lutter contre les espèces nuisibles, mais d'un point de vue animaliste, aucune espèce n'est nuisible...

L'actuelle mode végane n'est ni la manifestation d'une flambée d'empathie ni une forme de « défense de la biosphère ». Il faut la prendre pour ce qu'elle est : une nouvelle utopie. C'est la clé de son succès auprès d'une partie de la jeunesse urbaine désorientée par la politique. Si elle rallie tant de cœurs généreux, inspirés par un idéal altruiste et un égalitarisme illimité, c'est bien parce qu'elle annonce, non une « terre promise où coulent le lait et le miel » (nés de l'exploitation animale), mais un monde sans prédation ni souffrance, en somme sans Mal.

Nous tenterons de distinguer les différents courants animalistes. Nous nous efforcerons d'analyser les causes profondes de la nouvelle utopie « abolitionniste », ses causes historiques, scientifiques et politiques.

Nous tenterons aussi de définir les conditions d'un traitement éthique, c'est-à-dire humaniste, des animaux.

LE BIEN-ÊTRE DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE ; ENJEUX ET CONDITIONS DE SA MISE EN ŒUVRE

par Christiane **LAMBERT**¹

Depuis quelques années, la pression sur le bien-être animal s'est accrue. L'accent est mis sur des sujets qui attirent l'attention du grand public comme les incitations à réduire sa consommation de viande (cf Lundi Vert), l'action des associations dites « welfaristes » qui militent pour améliorer le bien-être animal en élevage ou encore les démarches des distributeurs soucieux de répondre aux demandes des citoyens. D'autre part, avec des vidéos « choc » à répétition et des actions violentes contre la filière, des associations « abolitionnistes » et « anti-spécistes » souhaitent, à travers une forte présence médiatique, supprimer définitivement toute activité d'exploitation des animaux. Pour répondre à ces nouvelles demandes et provocations, les pouvoirs publics et les parlementaires se montrent également très actifs (plan bien-être du ministère de l'agriculture, projet de loi, étiquetage des modes d'élevage).

Pourtant, les filières ont depuis longtemps pris la mesure du bien-être animal en élevage et ont déjà fait de larges progrès, positionnant souvent la France comme une référence dans le

¹ Éleveuse, présidente de la Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles (FNSEA), membre correspondante de l'Académie d'agriculture de France (section production animale).

monde en termes de respect du bien-être animal. Des guides de bonnes pratiques existent dans la quasi-totalité des filières et il existe une réelle volonté des agriculteurs de communiquer sur leurs pratiques. Au travers notamment des plans de filières issus des EGA, les professionnels s'engagent pour l'avenir, avec la volonté d'aller encore plus loin : progression de l'offre Label Rouge et AB, renforcement des cahiers des charges des produits sous SIQO avec l'introduction de critères de bien-être animal, construction d'indicateurs de bien-être, création d'une charte « le Porc Français », 50% de poules pondeuses en élevage alternatif à la cage d'ici 2022, ...

Différents enjeux sont à prendre en considération pour accompagner et valoriser ces démarches. Tout d'abord, un enjeu économique : le plus de bien-être a un prix et la rémunération du producteur doit rester au cœur de ces démarches. Les éleveurs sont prêts à répondre aux demandes de plus de bien-être animal des citoyens, mais il est légitime qu'ils demandent un minimum de visibilité pour leur permettre d'investir et une valorisation équitable de ces « plus » pour vivre dignement de leur métier. Les initiatives doivent intégrer le producteur, dans un processus de co-construction en adéquation avec les réalités du terrain. Les agriculteurs se montrent pro-actifs sur le sujet, il ne faut pas les écarter des discussions mais s'appuyer sur leur savoir-faire pour avancer. Il faut ensuite pouvoir donner les moyens techniques aux éleveurs d'adapter leurs pratiques et diffuser les innovations. Cela passe également par une offre de formation et d'accompagnement adaptée. Enfin, il est essentiel de conserver un cadre législatif favorable à l'élevage et rester vigilant face à toute disposition pouvant remettre en cause l'activité des éleveurs.

Il existe aujourd'hui un écart entre la perception de l'élevage par le consommateur et la réalité de l'activité sur le terrain, avec les enjeux auxquels la profession agricole est aujourd'hui confrontée. Il est primordial de recréer un lien et de permettre aux agriculteurs de mieux communiquer sur leurs pratiques et de valoriser les démarches vertueuses. Les messages sont difficiles à faire passer alors même qu'il est essentiel que le citoyen s'informe et se rende compte du travail des éleveurs, plutôt que voir le sujet abordé « de force » sous forme de propos diffamants et extrémistes.

LE BIEN-ÊTRE DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE : ATTENTION AUX

MALENTENDUS !

CONCLUSION

par Nadine **VIVIER**¹

Je tiens à remercier Gérard MAISSE qui a préparé cette séance avec les membres du Groupe de travail de notre Académie, et qui m'a fait l'honneur de m'attribuer cette conclusion alors que je ne suis pas spécialiste de cette difficile question. Mon manque de compétence était une qualité requise pour porter un œil de Candide et un point de vue de « Sciences Humaines et Sociales ».

¹ Membre et vice-présidente de l'Académie d'agriculture de France.

Les interventions excellentes, donnant trois éclairages différents, nous ont montré la complexité du sujet et les malentendus générés. Revenons sur quelques-uns des malentendus

1^{er} malentendu : Bien traitance ou bien être ? Les animaux sont-ils plus maltraités qu'avant ?

La nécessité de contextualiser s'impose une fois de plus. Brossons une rapide rétrospective. Jusqu'au 19^e s : les animaux travaillaient avec le paysan, il pouvait y avoir complémentarité et même complicité. Mais ils étaient souvent mal nourris, mal logés et brutalisés ; ils partageaient la même condition que les humains, parfois le même toit.

Vers 1850 commencent les progrès de la productivité. Les éleveurs tâchent de les nourrir pour avoir des bêtes grasses, ils améliorent la qualité sanitaire des étables ; et ils les traitent le mieux possible par souci de productivité. Dès ce moment, on trouve de gros élevages dépassant 500 vaches en Normandie. Après 1950 les méthodes scientifiques incitent à l'élevage industriel. Les animaux sont nourris et soignés mais confinés. Quelques méthodes de traitement ont été dénoncées, mais lentement : le poulet aux hormones, le veau aux antibiotiques, etc.

Les critiques contre l'élevage industriel à l'étable ne s'élèvent en France qu'à partir des années 1980 alors que de notables progrès ont déjà été réalisés. Ce revirement est lié à un ensemble de raisons : la critique de l'agriculture productiviste, et celle des scientifiques ; nouvelle approche de la mort (disparition de la fête de tuerie du cochon) ; une expression d'émotivité, sensibilité croissante par assimilation avec les animaux de compagnie ; recherche du bien être humain.

Donc on peut dire, sommairement qu'il existe une évolution parallèle du bien-être animal et humain. Si on dit que les animaux sont plus maltraités qu'avant, cela signifie-t-il qu'ils sont plus sensibles au manque de liberté qu'à une nourriture suffisante et aux soins ? Quel est leur niveau de conscience ? Pierre MORMÈDE vient de nous dire que c'est un champ de recherches en cours.

2^e malentendu : Les 5 libertés de l'animal peuvent-elles se concilier avec d'autres exigences ?

Répondre aux trois premières exigences doit faire l'unanimité : absence de faim, de soif, d'inconfort et absence de douleurs, blessures ou maladies. Les indicateurs de mesure

La 4^e : « liberté d'expression d'un comportement normal grâce à un espace suffisant, des installations adaptées et la compagnie d'autres congénères ». Qu'est-ce qu'un comportement normal ? les animaux de rente sont domestiqués depuis 8000 ans, quelle est leur nature ? Et peut-on comparer aux libertés de l'animal de compagnie qui joue un rôle social si important ? Chiens et chats choyés, peuvent-ils exprimer un comportement normal ? Tous ceux qui vivent seuls avec les humains, sans congénère, enfermés en appartement, souvent castrés et alimentés par des croquettes industrielles ?

Enfin la 5^e liberté veut épargner aux animaux la peur, la détresse, le stress ? Comment concilier le bien être des ovins sur les estives avec la présence du loup ?

3^e malentendu : Quelles idéologies ? Quelle demande sociale ?

Francis WOLF a montré les nuances de ces idéologies. Il a souligné les ambiguïtés de vocabulaire qui ne distinguent plus l'Homme et l'Animal. Parle-t-on de l'Animal ou de diverses espèces d'animaux ? Les « welfaristes » qui œuvrent à l'amélioration de la vie des animaux s'opposent à ceux qui veulent supprimer toute forme d'exploitation de l'Animal. Ces

utopies qui recherchent une pureté de vie divisent les philosophes. Donner trop de droits à l'Animal risque de déshumaniser l'Homme.

La frontière entre ces idéologies n'est pas nette. Ce sont des ONG qui portent et diffusent les idées, les premières d'entre elles ayant été anglo-saxonnes. *L'Eurogroup for animals* qui regroupe un grand nombre d'associations se présente comme un lobby "to challenge EU decision-makers and bring about positive change." Ils ont obtenu des améliorations incontestables dans le transport des animaux, la dimension des cages et l'espace disponible par bête, ainsi que la reconnaissance juridique de la sensibilité de l'animal. Aujourd'hui, un de leurs membres, l'ONG belge GAIA lance une campagne pour la viande hachée issue de culture de cellules et sans abattage d'animaux. Welfare ou vegan ?

La demande sociale encourage les ONG mais n'est-elle pas le plus souvent manipulée par les ONG qui veulent promouvoir leur vision du monde, avec l'appui des médias ? Elles clament haut et fort les idées de minorités. Ne sont-elles pas parfois une arme économique pour handicaper certaines productions ? ou certains pays ?

4^e malentendu qui pour nous est essentiel : Et les éleveurs ? Quel bien être pour les éleveurs ?

Les éleveurs sont attaqués par la population qui bien souvent est ignorante des conditions réelles de l'élevage. Outre la réalité du travail fourni par l'éleveur, il faut prendre conscience des difficultés morales engendrées par les critiques radicales. Ce dont le SIA cette année a pris conscience, en développant un effort pédagogique.

Il est indispensable de continuer à améliorer les conditions de vie des animaux de rente, processus qui ne peut être que lent étant donné le coût des installations. Pour cela les liens entre le bien-être animal et la politique agricole devraient se renforcer. Tous les aspects doivent être pris en compte : équilibre global de la nature, soutien au développement rural. Surtout, l'amélioration ne pourra être obtenue que par l'association des savoirs des scientifiques et ceux des éleveurs. Un élevage de haute qualité redonne à l'éleveur la fierté de son travail.

APPROCHES SYSTÉMIQUES DE LA NUTRITION MINÉRALE DES PLANTES EN BIOLOGIE ET EN AGRONOMIE

Séance organisée par **Jean-François BRIAT¹**, **Gilles LEMAIRE²**
et **Jean-François MOROT-GAUDRY³**

La nutrition minérale des plantes, jusqu'à récemment, faisait l'objet d'études partielles. Au niveau de la biologie des plantes, la recherche traitait de la carence ou de la toxicité d'un élément, sans considérer ses interactions avec les autres éléments. Un effort particulier a porté ces dernières années sur l'identification des transporteurs membranaires des différents éléments nutritifs (N, P, S, K, Fe, Zn, Mn ...), en analysant leur structure et leur fonction mais surtout l'expression des gènes qui les codent et les signalisations environnementales (en particulier nutritionnelles et hormonales) qui la régule. Toutefois, ces études si elles ont le mérite d'avoir identifié les acteurs moléculaires responsables du prélèvement et de la distribution in planta des éléments nutritifs, ont souvent le défaut d'être partielles, au cas par cas, sans vision globale de l'impact de la nutrition minérale multi-éléments sur le génome dans son entier, et sur la reprogrammation générale de son expression, à différents niveaux, pour répondre au plus près aux besoins de prélèvement des plantes. Au niveau agronomique l'étude de la nutrition des cultures s'est faite également élément par élément, essentiellement pour N puis P et K, à partir d'une approche de type bilan et stock basée sur un pronostic de courbe de réponse donnant lieu à des fertilisations souvent excédentaires. Les approches dynamiques plus récentes initiées principalement sur N, couplant « offre du sol » et « demande de la culture » permettent une approche plus efficace de la fertilisation basée sur un diagnostic in situ aboutissant à des ajustements plus précis des apports. Une extension de cette approche à P et K permet maintenant d'envisager la nutrition minérale dans sa globalité (interaction multi-éléments) et donc des pratiques de fertilisation plus intégrées et moins génératrices de pollutions.

UNE APPROCHE DYNAMIQUE DE LA NUTRITION MINÉRALE DES PLANTES POUR UNE FERTILISATION DURABLE DES CULTURES

par Gilles **LEMAIRE**

Membre de la section 5 de l'Académie d'Agriculture de France

L'approche traditionnelle de la nutrition minérale des cultures par l'Agronomie, basée sur les concepts issus des lois de Liebig (loi dite des facteurs limitant) et de Mitscherlich (loi dite des rendements décroissants) a contribué à une sur-fertilisation généralisée des cultures du

¹ Membre de l'Académie d'agriculture de France, Directeur de recherche de classe exceptionnelle du CNRS, Chef du Département de biologie végétale de l'INRA.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, Directeur de recherche honoraire de l'INRA.

³ Membre de l'Académie d'agriculture de France, Directeur de recherche honoraire de l'INRA.

fait d'un « pronostic » du besoin des cultures dont le degré élevé d'incertitude a amené les agriculteurs à apporter « trop » d'engrais pour être certain d'en avoir « assez ». Or ce sont ces excès d'apports, liés à l'aversion au risque des agriculteurs, qui ont conduit aux émissions excessives de N et P dans l'environnement qui posent problème aujourd'hui. Une approche plus dynamique de la nutrition azotée des peuplements végétaux a permis de montrer que l'absorption d'azote par les cultures était co-régulée à la fois par la disponibilité de N minéral dans le sol et par la vitesse de croissance potentielle de la plante. Ce rétro-contrôle de l'offre par la demande apparaît comme une « propriété émergente » du peuplement végétal dont la prise en compte explicite a permis de mettre en place une approche de diagnostic de l'état de nutrition N d'une culture s'affranchissant de l'incertitude des pronostics et donc de décider au plus juste des apports correctifs nécessaires en fonction des rendements possibles. Cette approche dynamique basée sur le concept de « dilution de N » permet une analyse plus mécaniste de l'efficacité d'utilisation de N par les cultures montrant ainsi que cette efficacité varie en premier lieu avec la capacité d'accumulation de biomasse par les cultures et donc que les différences d'efficacité entre géotypes doivent être analysées à même biomasse pour avoir un sens. Ce concept de dilution de N a été étendu à P, K et S, il permet ainsi d'étudier les interactions entre éléments dans un cadre de co-limitation et de mettre en œuvre une approche intégrée de la nutrition minérale et de la fertilisation des cultures basée sur la stoechiométrie à la fois de l'offre dans le sol et de la demande dans la plante. Cette nouvelle approche de la nutrition minérale des cultures pose un certain nombre de problèmes fondamentaux à la biologie et la physiologie végétale quant à la réalité biologique des processus élémentaires mis en œuvre et leur contrôle génétique et à son extension pour prendre en compte les micro- et oligo-éléments qui peuvent jouer un rôle de plus en plus prépondérant dans les systèmes de culture.

Quelques références bibliographiques

- (1) LEMAIRE G., SALETTE J., 1984. – Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I - Etude de l'effet du milieu. *Agronomie*, 4(5), 423-430.
- (2) GREENWOOD D.J., LEMAIRE G., GOSSE G., CRUZ P., DRAYCOTT A., NEETESON J.J., 1990. – Decline in %N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Ann. Bot.*, **66**(4), 425-436.
- (3) DEVIENNE-BARET F., JUSTES E., MACHET J.M., MARY, B., 2000. – Integrated control of nitrate uptake by crop growth rate and soil nitrate availability under field conditions. *Ann. Bot.* **86**, 995–1005.
- (4) LEMAIRE G., JEUFFROY M.H., GASTAL F., 2008. – Diagnostic tools for crop and plant N status in vegetative stage. Theory and practices for crop N management. *European Journal of Agronomy* **28**, 614-624.
- (5) GASTAL F., LEMAIRE G., DURAND J.L., LOUARN G., 2014. – Quantifying responses of crop species to N nutrition deficiency and avenues to improving N use efficiency. *In* : V.O. Sadras and D.F. Calderini (eds) "Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy", Academic Press, Oxford, pp 159-206.

**PHYSIOLOGIE MOLÉCULAIRE DE LA NUTRITION AZOTÉE DES PLANTES :
QUELS LIENS ENTRE MÉCANISMES MOLÉCULAIRES ET APPROCHES
AGRONOMIQUES ?**

par Alain **GOJON**¹

L'optimisation de la fertilisation azotée des cultures est un défi majeur que doit relever l'Agronomie pour promouvoir une agriculture durable. Pour que les intrants azotés soient utilisés efficacement, il faut que leur apport corresponde à la demande nutritionnelle des plantes, elle-même essentiellement conditionnée par leur potentiel de croissance. En effet, si le prélèvement racinaire de N est étroitement dépendant de la disponibilité de cet élément dans le sol, il dépend tout autant du contrôle qu'exerce le statut azoté interne de la plante sur les systèmes racinaires de prélèvement. Ce concept de co-régulation du prélèvement de N par « l'offre » du sol et la « demande » des cultures est largement partagé entre agronomes et physiologistes. En physiologie, la décennie écoulée a vu une explosion des connaissances sur les mécanismes moléculaires assurant cette co-régulation. L'identification des transporteurs racinaires responsables de l'acquisition du N minéral a été menée à bien de manière quasi-exhaustive. Le contrôle de ces transporteurs par la disponibilité externe en N et par la signalisation systémique de la demande en N de la plante entière a été mis en évidence. Enfin, les mécanismes moléculaires de cette signalisation systémique ont été récemment découverts. Ainsi, il est maintenant possible de comprendre comment la croissance de la plante pilote, via un dialogue feuilles-racines, l'efficacité de l'absorption de N. De plus, ces acquis physiologiques apportent un éclairage nouveau sur la relation réciproque, c'est-à-dire le contrôle de la croissance par l'offre du sol en N. On sait maintenant que ce contrôle repose en partie sur la perception directe par la plante de la disponibilité externe de N. Ainsi, avant même que son métabolisme azoté ne soit pénalisé par une disponibilité externe en N insuffisante, la plante a perçu son environnement comme défavorable et freine sa croissance pour ajuster sa demande nutritionnelle à l'offre du sol. Les mécanismes de cette réponse adaptative sont en partie connus : des protéines senseurs de N ont été identifiées, et leur mode d'action sur la croissance en connexion avec les signalisations hormonales commence à être compris. En prenant le prélèvement racinaire de nitrate comme exemple, l'objectif de la présentation sera d'illustrer ces découvertes récentes en les positionnant dans le cadre conceptuel proposé par les agronomes, et de montrer ainsi comment une « fertilisation croisée » entre disciplines peut faciliter l'émergence de nouvelles approches de la fertilisation durable des cultures.

¹ INRA, Montpellier.

VERS UNE COMPRÉHENSION DE LA SIGNALISATION NUTRITIONNELLE COMBINÉE CHEZ LES PLANTES

par Hatem **ROUACHED**¹

La perception de la disponibilité en nutriments du sol par les plantes et la transduction de cette information qui conduit à leur adaptation à cette disponibilité ont été étudiées de manière séparée pour différents éléments nutritifs. Or, l'interaction entre les homéostasies des nutriments est une règle générale plutôt qu'une exception, et des mécanismes actifs existent chez les plantes pour maintenir les rapports stœchiométriques entre éléments minéraux. En effet, plusieurs études agronomiques et physiologiques ont révélé l'existence de fortes relations entre les réponses à différents nutriments, pour l'instant essentiellement lorsqu'ils sont considérés deux par deux (revue, Briat *et al.*, 2015). Ceci est illustré lorsqu'une carence en un élément provoque des modifications dans l'accumulation d'un autre élément. Un exemple caractéristique concerne l'augmentation de la concentration en phosphate (Pi) chez les plantes cultivées dans des conditions de carence en zinc (Zn). Ce n'est que récemment que les bases moléculaires de cette interaction ont été décryptées (Kisko *et al.*, 2018).

Les réponses des plantes à des stress nutritionnels multiples ne se résument pas à la simple addition des réponses aux stress individuels. Par exemple, alors que la carence simple en fer (Fe) diminue l'accumulation de chlorophylle dans les feuilles, la double carence Fe et Pi n'a pas cet effet. Cette interaction Pi/Fe se manifeste également au niveau des racines ; les carences simples en P ou en Fe affectent la croissance des racines primaires, alors que la double carence -P/-Fe ne la modifie pas (Ward *et al.*, 2008). La croissance des racines en condition de carence en P dépend aussi de la disponibilité des autres nutriments tel que l'azote (N) (Medici *et al.*, 2013). Des études de génétique d'association (GWAS) ont permis de mettre en évidence chez les plantes la présence d'architectures génétiques distinctes contrôlant la réponse aux stress simples d'une part et aux stress combinés d'autre part. L'étude de l'effet de stress combinés sur la croissance des plantes a donc révélé une « propriété émergente » qui ne peut pas être détectée en étudiant l'effet de chaque élément pris isolément (Bouain *et al.*, 2018).

L'objectif de la présentation est de faire le point sur nos connaissances actuelles des bases moléculaires qui président à l'intégration des stœchiométries de différents éléments nutritifs minéraux. Les interactions entre Pi, Fe et Zn seront prises comme exemples pour illustrer l'effet des interactions macro- et micro-nutriments sur la croissance des plantes et l'homéostasie ionique. Comprendre les mécanismes à l'œuvre dans le contrôle de ces interactions entre les ions devrait permettre l'élaboration de stratégies d'amélioration de la productivité des cultures, en augmentant l'efficacité d'utilisation des nutriments.

¹ INRA, Montpellier.

Quelques références bibliographiques :

- (1) BRIAT JF, ROUACHED H, TISSOT N, GAYMARD F, DUBOS C. 2015. – Integration of P, S, Fe, and Zn nutrition signals in *Arabidopsis thaliana*: potential involvement of PHOSPHATE STARVATION RESPONSE 1 (PHR1). *Front Plant Sci.* 28;6:290.
- (2) BOUAIN N., KORTE A., SATBHAI S.B., SAENCHAI C., BUSCH W., RHEE SY., ROUACHED H. 2018. –Genetic Architecture Underlying Root Growth Rate in Plants. *BioRxiv*
- (3) KISKO M, BOUAIN N, SAFI A, MEDICI A, AKKERS RC, SECCO D, FOURET G, KROUK G, AARTS MGM, BUSCH W, ROUACHED H . 2018. – LPCAT controls phosphate homeostasis in a zinc-dependent manner. *eLIFE* 7, e32077.
- (4) MEDICI A, MARSHALL-COLON A, RONZIER E, SZPONARSKI W, WANG R, GOJON A, CRAWFORD N M, RUFFEL S, CORUZZI G M, KROUK G. 2015. – AtNIGT1/HRS1 integrates nitrate and phosphate signals at the *Arabidopsis* root tip. *Nature communications*, 6, 6274.
- (5) WARD JT, LAHNER B, YAKUBOVA E, SALT DE, RAGHOTHAMA KG. 2008. – The effect of iron on the primary root elongation of *Arabidopsis* during phosphate deficiency. *Plant Physiol.* 147(3):1181-91.

Questions/réponses Séance Académique du 10 Avril 2019

1. Question Michel Dron : Qu'en est-il de la fertilisation et de la nutrition minérale des cultures mixtes, féverole/colza, graminées (blé)/légumineuses (pois) par exemple ?

Réponse G. Lemaire : Question délicate. Lorsque la plante est isolée elle optimise sa croissance en surface et donc la dilution de l'azote est moindre qu'en culture dense. La plante qui reçoit un fort éclaircissement prélève donc plus d'azote que celle qui est ombragée. La compétition pour la lumière entre plantes détermine donc le partage de l'azote entre plantes au sein d'un couvert végétal. L'apport d'azote favorisera donc les plantes qui ont accès à la lumière ce qui exacerbera la compétition envers les plantes dominées. Si on veut prévoir l'effet d'un apport d'azote sur un mélange d'espèces ou de variétés, il faut donc avoir une information sur leur accès respectif à la lumière. Des travaux sont en cours là-dessus à l'INRA de Lusignan.

Réponse JF Briat : Un aspect particulier des associations culturales céréales / légumineuses concerne les sols calcaires. Ces sols induisent fréquemment des chloroses ferriques chez les légumineuses cultivées seules, diminuant leur rendement et la qualité nutritionnelle de leurs graines. Les céréales sont plus résistantes à la chlorose ferrique car ce type de plantes produit des sidérophores (chélateurs) permettant une meilleure solubilisation du fer du sol. Par voie de conséquence une co-culture céréales / légumineuses sera favorable aux légumineuses en améliorant leur nutrition en fer.

2. Questions d'André Gallais :

Première question. Que se passe-t-il au niveau de la teneur en azote des feuilles quand la floraison et le remplissage des grains deviennent importants ?

Réponse G. Lemaire : Pour le maïs en particulier, l'absorption postfloraison de l'azote est limitée par (i) la sénescence des feuilles, et (ii) des sécheresses terminales fréquentes. Il est donc souvent souhaitable d'obtenir des états de nutrition azotée légèrement excédentaires à la floraison afin de satisfaire la fourniture en azote nécessaire pour l'accumulation des

protéines dans les grains. Pour le blé, cette connaissance du statut azoté de la plante post-floraison peut être utile pour piloter d'éventuels apports tardifs pour optimiser la qualité des grains.

Seconde question : Quand la teneur en CO₂ de l'atmosphère va être encore plus élevée que maintenant, allons-nous observer une baisse de la teneur en protéines du grain ? Comment expliquer cela ? Par exemple, certains travaux ont fait état d'effets négatifs du CO₂ élevé sur la nitrate réductase. **Réponse Alain Gojon** : La diminution de la teneur en protéines dans les plantes cultivées sous CO₂ élevé semble assez générale et affecte tous les organes de la plante, y compris les graines. Ceci est bien documenté chez le blé notamment. On ne sait pas encore bien expliquer pourquoi l'élévation de la teneur en CO₂ entraîne une baisse de teneur en azote, et plus généralement en d'autres minéraux. Trois hypothèses sont avancées :

- dilution de l'azote par une production accrue de biomasse suite à une activation de la photosynthèse. C'est un effet qui est cohérent avec le concept de courbe de dilution présenté par Gilles Lemaire. Il faut cependant remarquer que les légumineuses valorisent mieux leur croissance sous forte concentration de CO₂ que les graminées par exemple, alors que c'est chez ces mêmes légumineuses que l'on observe la plus faible diminution de teneur en azote (sans doute parce que la fixation de l'azote moléculaire N₂ est plus directement dépendante de la photosynthèse que ne l'est l'absorption du nitrate ? D'après Gilles Lemaire). Il semble donc que l'effet dilution n'explique pas tout.
- Les fortes concentrations en CO₂ peuvent avoir un impact négatif sur les mécanismes de la nutrition azotée des plantes comme évoqué dans le cas de la nitrate réductase. On observe toutefois des différences entre fertilisation nitrique et ammoniacale. Certains travaux indiquent que le CO₂ élevé inhibe spécifiquement l'absorption et l'assimilation du nitrate, alors que celles de l'ammonium sont peu ou pas affectées. Les raisons en sont encore mal comprises
- Il peut y avoir aussi des effets sur la microflore du sol, dont la croissance pourrait bénéficier d'une sécrétion accrue de carbone par les racines des plantes sous CO₂ élevé. Ceci pourrait augmenter l'immobilisation des minéraux dans la matière organique du sol, et les rendre ainsi moins disponibles pour les plantes.
- Ces trois processus ne sont pas exclusifs les uns des autres et peuvent donc s'additionner. En conséquence la modification du climat risque d'augmenter la photosynthèse des plantes C3 et en même temps de modifier négativement la nutrition azotée de ces plantes et faire baisser la teneur en protéines des grains.

Réponse JF Briat : Il faut également noter que l'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère entraînera une acidification des terres et des océans ce qui ne sera pas sans conséquence sur les équilibres ioniques de ces milieux.

3. Claude (?): Peut-on nourrir les plantes par des apports organiques ?

Réponse A. Gojon : Les plantes peuvent tout à fait assurer leur nutrition azotée en utilisant des formes organiques de l'azote (acides aminés, urée). Les apports organiques se font couramment sous forme de fumier, compost, etc. Les apports d'urée sont couramment utilisés dans de nombreux pays. Les apports organiques divers sont très utilisés en agriculture biologique et en horticulture. On peut fournir aux plantes des extraits végétaux et animaux qui contiennent des minéraux en quantité suffisante pour leur développement. Ces extraits sont aussi considérés comme des biostimulants qui peuvent agir sur la plante et la flore bactérienne du sol.

G. Lemaire constate que la composante « organique et microbienne » de la disponibilité des minéraux pour les plantes a été trop longtemps négligée face à la seule composante physico-chimique résultant des interactions avec la matrice du sol. Par exemple, on ne

comprend rien à l'alimentation en phosphore des prairies si on ne prend pas en compte le compartiment phosphate organique et le couplage des cycles phosphore-carbone et azote.

4. Bernard Saugier :

Première question : les végétaux ont connu des périodes géologiques où l'atmosphère était très riche en CO₂. Que sait-on de l'adaptation des plantes à ces conditions ? Comment ont-ils géré les déséquilibre carbone/azote ?

Deuxième question : l'apport « diagnostic » de la teneur en azote préconisé par G. Lemaire est-il facile à faire ? S'agit-il toujours du dosage d'azote dans des extraits de tiges ? l'agriculture de précision a-t-elle développé des systèmes efficaces et sûrs par télédétection ?

Réponse A. Gojon : On ne sait pas grand-chose de l'adaptation des plantes aux atmosphères riches en CO₂ du passé.

Réponse G. Lemaire : il existe maintenant dans le commerce de nombreux appareils supposés mesurer correctement le statut azoté des plantes. Cependant, ces outils ne visent en fait qu'à estimer une teneur en azote des feuilles mais ne prennent pas en compte explicitement la dilution de l'azote pour calculer l'INN en fonction de la biomasse de la culture, d'où en général, là encore, des préconisations d'apports souvent encore excessifs. Il est dommage que les Instituts de recherche publics s'intéressent peu aux mises au point de ces appareils qui sont fort utiles pour la gestion des épandages d'engrais à condition d'être intégrés et assujettis au modèle d'interprétation cohérent que nous avons présenté, ce qui est rarement le cas.

G. Lemaire fait remarquer que les firmes privées sont très engagées dans la mise au point de ces appareils et de leur développement. Apparemment les chinois s'investissent beaucoup dans ces nouvelles technologies. A. Gallais rappelle que la France n'est pas étrangère au développement de ces techniques de détection et que des milliers d'hectares de culture sont surveillés ainsi.

5. Christiane Mercier : C. Mercier a observé en Colombie la présence de bananiers dans les cultures de caféiers ? Les bananiers sont-ils sensés améliorer la disponibilité de l'azote du sol.

Réponse G. Lemaire. Les bananiers peuvent être utilisés essentiellement comme arbres de couverture nécessaire au microclimat du caféier mais je ne vois pas en quoi il participerait à sa nutrition azotée.

6. Guilhem Bourrié : G. Bourrié rappelle que la tension du CO₂ dans le sol est très élevée et que le CO₂ agit sur la flore microbienne entourant ces dernières. Le CO₂ peut favoriser également la sécrétion d'exsudats racinaires. Les compartiments racine/plante doivent être considérés comme un système mécaniste comme en physico-chimie. L'augmentation du pH du sol modifie par exemple les capacités d'hydrolyse de l'urée dans le sol et l'assimilation de l'ammonium.

Réponse de Hatem Rouached : H. Rouached rappelle que l'arséniate est transporté au niveau de la racine par les transporteurs de phosphate. L'accumulation de l'arséniate peut provoquer une intoxication de la plante. Des études récentes suggèrent qu'une mutation au niveau de gènes mitochondriaux pourrait augmenter la tolérance des plantes vis-à-vis de cet élément toxique.

7. Bernard Le Buanec : B. Le Buanec fait remarquer qu'il a publié un livre aux Presses des Mines où il fait état des avancées technologiques tant en génomique qu'en matériel de précision, avancées qui seront très utiles pour le développement de l'agriculture de demain

qui doit être économe en intrants, respectueuse de l'environnement et capable de subvenir aux besoins d'une humanité croissante.

Réponse de Gilles Lemaire : Oui, il y a une explosion de ce type de technologie et sans doute, d'après mes connaissances personnelles, ne permettent elles pas l'optimisation attendue. Je répète, que cette technologie doit impérativement se développer en intégrant les principes de base qui ont été présentés sur la nutrition minérale des plantes, sinon on développera encore une fois un bel appareil, apportant un conseil et menant à une décision dont ne maîtrise pas le bien fondé. La technologie est indispensable et il faut la développer et l'encourager mais en étroite liaison avec la science.

8. Christine King : King s'interroge sur le temps qu'il a fallu (> 30ans) pour le développement de ces nouvelles connaissances et technologies.

Réponse G. Lemaire : G. Lemaire dit que ceci montre que développer des connaissances qui vont à l'encontre des paradigmes fondateurs de l'agronomie prend du temps et ne peut provenir que des marges de la disciplines (dans ce cas présent, les « prairies »). Ensuite il faut passer de « réseaux d'indices et d'hypothèses » à l'établissement de preuves solides et irréfutables grâce à la pluridisciplinarité (Agronomie-Biologie) avant oser prétendre mettre à bas les bases de 100 ans d'histoire de recherche en agronomie ! Tout ceci dans un cadre institutionnel ou « production de connaissance fondamentale » et « application concrète agricole » sont totalement séparés ! Ce qui n'aide pas à aller vite ! Si aujourd'hui on veut parler d'Agro-Écologie alors il faut en déterminer les paradigmes fondateurs et moderniser l'enseignement agricole, en le remettant au niveau des connaissances actuelles. Vaste programme.

9. Michel Dron et JF Briat posent une question à Hatem Rouached : les voies de signalisation déterminées dans les mécanismes d'assimilation de phosphate et de zinc font intervenir des phospholipides qui sont aussi des composés membranaires. Que sait-on dans ce domaine ?

Réponse d'Hatem Rouached : Bien que le changement de la composition des classes de phospholipides chez les plantes peut affecter la présence/accumulation des transporteurs de phosphate au niveau de la membrane plasmique, il n'est pas exclu que le ratio de Lyso-PhosphatidylCholine (Lyso-PC)/PhosphatidylCholine (PC) joue le rôle d'un signal régulant l'expression des gènes codant les transporteurs de phosphate. Par exemple, il a été démontré que Lyso-PC agit comme un signal de régulation de l'expression des gènes de transporteurs de phosphate spécifiques des mycorhizes arbusculaires (AM) dans la pomme de terre, la tomate et récemment dans *Lotus japonicus*.

10. Jean-Luc Julien : Dans ce qui a été exposé précédemment il est montré qu'il faut prendre ensemble la biomasse de la plante et sa croissance pour avoir une bonne estimation de son état azoté. Problème, les mesures par télédétection sont incapables de mesurer la production de biomasse. Y a-t-il une solution à l'avenir ?

Réponse de Gilles Lemaire : Oui des outils techniques intimement basés sur les développements fonctionnels présentés tout à l'heure sont en cours. Mais cela réclame encore des études intégrées pour faire émerger ces outils d'aide à la décision et en définir les performances et modalités d'utilisation par l'agriculteur.

CONCLUSION

par Jean-François **MOROT-GAUDRY**¹

En introduction **Jean-François Briat** a dévoilé les grandes lignes de cette séance sur les « **approches systémiques de la nutrition minérale des plantes en biologie et agronomie** ». Il a souligné les limites des études antérieures conduites dans ce domaine par les agronomes et les physiologistes et présenté les résultats de recherches acquis ces dernières années suite à l'introduction des approches génétiques et moléculaires. Il est possible désormais d'appréhender le complexe sol/plante dans ces mécanismes de prélèvement et de distribution des éléments minéraux pris dans leur ensemble *in planta*. JF Briat a insisté sur la nécessité de considérer la nutrition des plantes dans une vision « globale « multi-éléments » en considérant le génome des plantes dans son entier et dans sa capacité de reprogrammation à différents niveaux au cours des différents événements du prélèvement des éléments minéraux. Les réponses des plantes à leur environnement nutritionnel fluctuant doivent dorénavant être étudiées en considérant que cet environnement est un tout intégrant les différents paramètres le composant, paramètres qui jusqu'alors étaient considérés indépendamment. JF Briat a terminé son exposé en présentant les orateurs et les thèmes qu'ils ont abordé tant au niveau agronomique qu'au niveau biologique.

Au cours de cette séance **Gilles Lemaire** a fait part de résultats de travaux d'une longue recherche en agronomie concernant **une approche dynamique de la nutrition minérale des plantes pour une fertilisation durable des cultures**, soulignant les **applications agronomiques** dont on peut d'ores et déjà bénéficier. La leçon que tire G. Lemaire de ces recherches est que « *trop longtemps, le concept de disponibilité des éléments dans le sol a été considéré comme "externe" à la plante et donc comme pouvant être étudié par une approche purement linéaire de type "dose-réponse". Les approches récentes montrent que le prélèvement racinaire de l'azote est non seulement dépendant des réserves du sol mais surtout est contrôlé par la croissance de la plante entière au niveau des systèmes d'absorption racinaire. Ce qui fait de la plante un acteur incontournable de la disponibilité des éléments minéraux.*

Constatant que la demande de la plante en azote semble être étroitement liée à son potentiel de croissance **G. Lemaire** a proposé une nouvelle approche plus dynamique basée sur le concept de « dilution de l'azote » qui permet de mieux comprendre l'efficacité de l'utilisation de cet élément par les cultures. Cette approche plus mécaniste montre que l'efficacité de l'assimilation de l'azote varie avec la capacité d'accumulation de biomasse, ce qui conduit à mener parallèlement des études de biomasse lors de la comparaison de différents géotypes. Il est possible ainsi de mettre en œuvre une « approche diagnostic » de l'état de l'efficacité d'assimilation de l'azote d'une culture, approche plus sûre que celle donnée par une « approche pronostic ». Enfin ce type d'approche couplant « offre du sol » et « demande de la culture » a été étendue à tous les éléments minéraux du sol. **G. Lemaire** a observé enfin que le prélèvement de l'azote est la résultante d'un réseau d'échange

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

d'informations entre la plante et son milieu donnant au système des propriétés hautement auto-adaptatives.

Parallèlement à ces évolutions agronomiques, il y a eu ces vingt-cinq dernières années **explosion des connaissances de la biologie de la nutrition des plantes** : découverte et caractérisation moléculaire et cellulaire des transporteurs de N, P, K, S, Fe, Mn, etc., intégration de leurs fonctions dans la plante entière, caractérisation des régulations de leur activité et de l'expression des gènes qui les codent. Toutefois, ces études si elles ont le mérite d'avoir identifié les acteurs moléculaires responsables du prélèvement et de la distribution *in planta* des éléments nutritifs, ont eu souvent le défaut d'être partielles négligeant l'impact de la nutrition minérale « multi-éléments » comme déjà signalé par JF Briat.

Spécialiste des approches globales de la nutrition des plantes, **Alain Gojon** a mis l'accent dans le cas de l'azote sur les liens qui peuvent être établis entre les mécanismes moléculaires récemment mis en évidence et les concepts qui ont émergé des approches plus globales de type physiologique et agronomique. D'une part, l'élucidation des mécanismes de signalisation entre feuilles et racines permet de comprendre comment le prélèvement racinaire de nitrate est piloté par la « demande en azote » de la plante. D'autre part, l'identification de protéines racinaires « senseurs » de nitrate associées aux signalisations hormonales a révélé que la perception que la plante a de la richesse minérale du sol est un déterminant important de la croissance. Ainsi, avant même que son métabolisme azoté ne soit perturbé par une pénurie d'azote du sol, la plante est capable de percevoir cette pénurie et d'ajuster sa demande à la disponibilité de cet élément dans le milieu. **A. Gojon** a finalement mentionné un paradoxe pour le moment inexplicé : alors que la photosynthèse stimule le prélèvement racinaire d'azote, la culture des espèces C3 sous atmosphère enrichie en CO₂ s'accompagne d'une dégradation de leur statut nutritionnel en azote et en de nombreux autres minéraux. Ces découvertes récentes apportent un éclairage nouveau sur la fonction de nutrition, étroitement contrôlée par un dialogue moléculaire très performant entre les différents compartiments racinaires et foliaires de la plante en relation avec la disponibilité de l'azote du sol.

A. Gojon a donné ensuite une vision très claire des mécanismes moléculaires complexes qui régulent les interactions entre la plante et le sol, permettant à cette dernière de s'adapter aux conditions de milieu en évitant les excès ou les carences en azote. Les protéines senseurs d'azote ont été identifiées, la détermination et la compréhension de leur mode d'action sur la croissance ont été montrées être en connexion avec les signalisations hormonales. **A. Gojon** a fait remarquer que certains transporteurs d'azote peuvent également présenter des capacités de senseur d'azote et peuvent aussi transporter des hormones comme l'auxine. Ces découvertes récentes apportent un éclairage nouveau sur la fonction de nutrition, manifestant un dialogue moléculaire très performant entre les différents compartiments racinaires et foliaires de la plante en relation avec la disponibilité de l'azote du sol.

Enfin, **Hatem Rouached**, étudiant les bases moléculaires et génétiques des interactions entre éléments minéraux *in planta*, a cherché à comprendre **la signalisation nutritionnelle chez les plantes**. Il a établi que **l'architecture racinaire pouvait être considérée comme trait phénotypique de la nutrition minérale et comme "nouvelle frontière" de l'amélioration génétique**. Ceci en vue d'une sélection de génotypes optimisés dans leur prospection du sol. Ceci amène à une compréhension de « **la signalisation nutritionnelle combinée** » chez les plantes. Le système sol-plante est un système indissociable qui est doté d'une forte capacité d'autoadaptation dont les propriétés émergentes disparaissent dès qu'on l'étudie par "fractions". **H. Rouached** a illustré clairement les réponses à différents

éléments, phosphate et zinc, en montrant par exemple qu'une carence en zinc provoque une accumulation de phosphate. Il a observé également que la carence en fer se manifeste par une carence en chlorophylles dans les feuilles alors qu'une double carence en fer et phosphate n'a pas d'effet sur la teneur en chlorophylles. D'où la nécessité de réaliser des approches multi-éléments. **H. Rouached** a terminé son exposé en décrivant toutes les voies moléculaires très complexes connues de signalisation impliquées dans ces mécanismes d'interactions entre éléments minéraux lors de leur prélèvement par la plante.

Il existe également un domaine de recherche en nutrition des plantes qui a bénéficié ces dernières années des avancées extraordinaires de la biologie moléculaire et de la génomique. Il concerne les bactéries fixatrices d'azote (cas des légumineuses ou fabacées) et les mycorhizes qui, vivant en **symbiose** avec le système racinaire des plantes, jouent un rôle très important dans l'assimilation des éléments minéraux (grandes cultures et forêts). Ce dernier aspect qui implique les relations des plantes avec leur environnement biologique devrait faire l'objet d'une séance académique.

Toutes ces approches nécessitent des perspectives et des besoins de recherche sur les interactions entre éléments minéraux et leur impact au niveau génomique et agronomique. Une approche « biologie des systèmes » est indispensable, d'où la **nécessité de l'interdisciplinarité dans la recherche**. Déjà en 1923, Jean Perrin constatait que les chercheurs de différents domaines d'étude étaient hermétiquement cloisonnés entre mathématiciens, physiciens chimistes et biologistes, travaillant chacun dans leur coin sans interactions. A la suite de ces observations, Jean Perrin et le Baron de Rothschild créèrent à Paris un Institut d'avant-garde, toujours existant, l'Institut de biologie physicochimique (IBPC) réunissant des scientifiques de différentes disciplines sous un même toit pour étudier les bases physicochimiques de la vie.

En conclusion, on peut dire qu'une réévaluation du concept de "disponibilité des nutriments du sol" pour les plantes selon les connaissances récentes en physiologie moléculaire est nécessaire pour **développer une agronomie qui assure, sur moins de terres cultivables, avec moins d'intrants, suffisamment de productions agricoles, tout en respectant l'environnement (par exemple développer une « approche diagnostique » pour éviter les surplus d'engrais) dans un système en perpétuelle évolution, d'où la nécessité de tenir compte des interactions environnement, géotypes et itinéraires techniques**. Dans les années à venir la recherche fondamentale apportera encore de nombreuses données sur les mécanismes intimes de prélèvement des minéraux par les plantes qui permettront d'optimiser leur application dans de nouvelles conditions climatiques.

**LA RÉGLEMENTATION SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTALE EST-ELLE UN
OBSTACLE OU UN STIMULANT À L'INNOVATION POUR LES INDUSTRIES
AGROALIMENTAIRES ?**

Séance organisée par Jean-Michel **WAL**
Membre de l'Académie

**LES ASPECTS JURIDIQUES DES INTER-RELATIONS ENTRE
RÉGLEMENTATION
ET INNOVATION DANS LES IAA**

par Me Nicole **COUTRELIS**¹

La réglementation est souvent présentée comme un obstacle à l'innovation – et parfois elle l'est en effet. Mais c'est loin d'être toujours le cas : la vocation du droit est de régler les relations entre opérateurs de manière pacifique et, espérons-le, harmonieuse, pour assurer un environnement plus propice à l'innovation que les conflits. Cela ne signifie pas que la situation est toujours idyllique. Dans un environnement européen, voir mondial, la réglementation est souvent le fruit de compromis – ou dit autrement, reflète des intérêts qui ne sont pas tous convergents : certains se trouvent alors bridés dans leurs innovations tandis que d'autres sont heureux de jouer du cadre ainsi tracé. D'autres enfin pourraient peut-être plus systématiquement réfléchir à tirer parti de la réglementation sans la « subir ».

Il y a aussi souvent un décalage dans le temps entre l'adoption d'une réglementation, et encore plus son entrée en vigueur, par rapport au besoin auquel cette réglementation répond, tant il est vrai qu'il n'est pas dans la mission des gouvernants et des régulateurs de résoudre des problèmes qui n'existent pas encore. La réglementation n'est donc pas toujours aussi pro-active que certains le souhaiteraient, ou arrive tard et contrarie alors des actions déjà entreprises. Mais la balance est difficile à trouver entre trop de réglementation, ou trop vite, et trop peu de règles.

Quelques exemples concrets tenteront d'illustrer ces propos.

¹ Avocat au Barreau de Paris, COUTRELIS & Associés SCP d'Avocats

**LA RÉGLEMENTATION PEUT FAVORISER L'INNOVATION, AMÉLIORER LE
FONCTIONNEMENT DU MARCHÉ ET LA COMPÉTITIVITÉ DES ENTREPRISES :
L'HYPOTHÈSE DE PORTER**

par Pierre **COMBRIS**¹

À rebours de la position classique consistant à ne voir dans la réglementation environnementale qu'une source de coûts supplémentaires pour les entreprises et un handicap dans la compétition internationale, Michael Porter soutient que la réglementation peut augmenter la compétitivité des producteurs et des économies nationales en stimulant l'innovation. Cette proposition, formulée au début des années 1990, est devenue « l'hypothèse de Porter ». Elle fait toujours l'objet de nombreux travaux visant à en établir les conditions théoriques et la portée empirique.

Certains de ces travaux rapprochent l'hypothèse de Porter de l'analyse des stratégies de différenciation des produits et des politiques de certification et de labélisation, et montrent que les bénéfices de la réglementation peuvent s'étendre aux consommateurs.

Sur le plan pratique, un intérêt majeur de l'hypothèse de Porter est d'ouvrir une voie de réflexion sur les caractéristiques requises pour qu'une réglementation ait des effets favorables sur l'innovation et la compétitivité.

**L'ACRYLAMIDE OU COMMENT INNOVER EN MATIÈRE DE RÉGLEMENTATION
?
UNE OPPORTUNITÉ POUR L'INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE EUROPÉENNE**

par Pierre **GONDÉ**¹

22 Avril 2002 : Une date qui restera dans l'histoire de l'industrie alimentaire européenne. L'Agence de Sécurité Sanitaire Suédoise publiait sur la présence d'un composé potentiellement cancérigène dans un grand nombre de denrées alimentaires, celles qui sont issues de la Réaction de Maillard. Tout d'abord abasourdie, l'industrie a décidé de retrousser ses manches, et pour une des premières fois, de travailler ensemble, avec un nouveau mot

¹ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, Chargé de mission à l'INRA, Directeur de recherche honoraire de l'INRA.

¹ Directeur Affaires scientifiques et publiques, Mc Cain Foods, Président du Groupe de Travail Qualité Nutritionnelle de l'ANIA.

d'ordre. « Quand la santé du consommateur est en jeu, il n'y a plus de concurrence qui tienne ».

Entre 2002 et 2003, plus de 1000 projets de recherche ont vu le jour dans le Monde, pour connaître : ce qu'est l'acrylamide, comment cela se forme, dans quels aliments, comment on l'analyse, comment en réduire sa formation, quels risques réels pour la santé humaine,...

Une grande partie de ces recherches a été initiée ou financée par l'industrie, qui a partagé les résultats avec l'ensemble des parties prenantes : les secteurs concernés, ses clients, la communauté scientifique, les organismes de gestion du risque, les législateurs, ...

Tous ces travaux ont permis la rédaction de la « *Toolbox* » coordonnée par Food Drink Europe, l'association Européenne de l'industrie alimentaire, publiée une première fois en 2005 et mise à jour très régulièrement. La version 14 sera diffusée en 2019. Ce document reprend l'ensemble des outils qui permettent la réduction de la formation de l'acrylamide dans les aliments concernés, outils qui fonctionnent soit au niveau laboratoire, pilote, ou commercial (industrie ou utilisateur final). Cependant, bien que très complète (voire trop), la « *Toolbox* » était un peu compliquée à utiliser, en particulier pour les petites entreprises ou les restaurants, de plus elle est rédigée en Anglais. Il a fallu trouver une solution, et l'idée est venue du groupe de travail de l'ANIA.

Simplifier la *toolbox* en ne reprenant que les éléments réellement applicables sur le terrain. Ainsi est née la Brochure ANIA sur l'acrylamide, déclinée dans un deuxième temps dans une version destinée à la restauration, et même ensuite dans un guide pour les consommateurs. En revanche, le législateur était toujours dans une impasse. Mettre des valeurs maximales sur des composés néoformés comme on peut le faire sur un contaminant classique n'était pas obligatoirement la meilleure solution, et ne tenait pas compte des variations dues en particulier aux matières premières, mais aussi du mode de cuisson utilisé dans les cuisines (restaurants ou domestiques). C'est là que l'innovation est née : utiliser le principe ALARA : *As Low As Reasonably Achievable*. Mettre en place un système qui permet d'obtenir le niveau le plus faible possible d'acrylamide dans les aliments, tout en évaluant le risque au cours de la production. La brochure ANIA est ainsi devenue un document de référence, un code de bonnes pratiques, qui a été intégré dans la réglementation. (Règlement 2017/2158 du 20 Novembre 2017) L'exploitant du secteur alimentaire a pour obligation d'intégrer le risque acrylamide dans son évaluation du risque (HACCP), contrôler le niveau obtenu par des méthodes directes ou indirectes, et en réduire l'apparition, en utilisant, autant que faire se peut, ces bonnes pratiques décrites dans la réglementation. L'acrylamide, et la réglementation qui en a découlé, a été réellement une belle opportunité pour l'industrie et la recherche, que ce soit dans la connaissance de la chimie des aliments (et en particulier sur les conséquences non connues de la réaction de Maillard), les matières premières agricoles, leur culture et leur stockage, les technologies et les process de fabrication, les biotechnologies, les ingrédients, et même l'utilisation par le consommateur final.

ROTATION LONGUE
Séance du 15 mai 2019

LA ROTATION LONGUE : PRATIQUE AGRICOLE INDISPENSABLE POUR UNE AGRICULTURE MULTI-PERFORMANTE

Les progrès techniques des 70 dernières années et en particulier les progrès de l'agrochimie nous permettent aujourd'hui de produire sans avoir recours aux rotations. En plein champ les monocultures (blé, orge, maïs, etc.) et les rotations très courtes (inférieures à 3 ans) sont des pratiques courantes. Par ailleurs les cultures hors sol (cultures hydroponiques) se développent à grande vitesse. Dans ces conditions a-t-on encore besoin de s'intéresser aux rotations ?

L'intérêt des rotations longues (4 à 8 ans) ou très longues (> 8ans) est de maintenir ou d'améliorer la fertilité des sols (au sens très large : fertilité physique, fertilité chimique, maîtrise des bioagresseurs) en ayant recours à un minimum d'intrants extérieurs à l'exploitation. Indirectement les rotations longues ont donc pour effet de diminuer l'impact de l'agriculture sur l'environnement. Une rotation bien conçue conduit à une agriculture plus "autonome et économe" (cf. Jacques Poly !) ; on dirait aujourd'hui plus résiliente et plus durable !

Pour allonger les rotations il faut introduire des cultures de diversification qui pourront être valorisées par des monogastriques et/ou des prairies qui seront valorisées par des ruminants. L'introduction d'animaux dans les systèmes de production est le meilleur moyen pour améliorer le recyclage des éléments minéraux et améliorer la fertilité physique des sols.

Les enquêtes « pratiques culturales » réalisées par le ministère de l'agriculture en 2011 répertorie 5300 rotations distinctes regroupés en 125 groupes de succession de cultures. Cette grande diversité de cultures pourrait permettre d'avoir des rotations longues. En réalité l'analyse des résultats de cette enquête montre que les surfaces en grandes cultures ont fréquemment des rotations de 2 ou 3 ans.

Est-on capable de mesurer les économies d'intrants réalisables avec des rotations longues, leur faisabilité technique, la rentabilité de ces systèmes, et de chiffrer l'impact sur l'amélioration de l'environnement dans toutes ses dimensions (qualité de l'eau, de l'air, des sols, économie d'énergie, biodiversité, etc) ? Quels moyens de recherche doit-on mettre en œuvre pour ces chiffrages ?

Quels sont les arguments qui peuvent convaincre les pouvoirs publics et les agriculteurs pour réinvestir sur les rotations longues alors que nous vivons dans un monde court-termiste. Les agriculteurs optimisent leur assolement en fonction des prix des produits agricoles. Cette stratégie était justifiée quand les prix agricoles étaient stables (avant la réforme de la PAC de 1992), elle ne l'est plus quand les prix fluctuent rapidement et fortement (du simple au double). Cependant il faut au moins une décennie pour mesurer les effets positifs (en particulier la réduction des coûts de production) d'une rotation longue.

EFFET DES ROTATIONS SUR LE POTENTIEL DE RENDEMENT DES CULTURES EN FRANCE : UN ENJEU DE PRODUCTIVITÉ

par Irène **FÉLIX**¹

Au cours du XIX^{ème} siècle, le développement des prairies artificielles de trèfle ou de luzerne sur les terres cultivées, a permis de déplaçonner le rendement des céréales et d'améliorer grandement la sécurité alimentaire de la population : la fixation d'azote par la légumineuse et la rupture sanitaire permise par des plantes de familles et de cycles différents ont été déterminants.

Les apports minéraux chimiques et la maîtrise des bioagresseurs par les progrès de la génétique et de la protection des plantes, les progrès du machinisme agricole enfin, ont pu faire croire qu'il serait possible d'atteindre de forts rendements sans contrainte de rotation longue. Parcelles, exploitations et régions ont pu progressivement se spécialiser.

Cette tendance semble aujourd'hui stoppée et, ici ou là, en voie de retournement. Les évolutions de surfaces des principales grandes cultures dans les grandes régions françaises en témoignent : les régions se « désécialisent », le maïs régressant dans ses régions traditionnelles et le blé en faisant autant dans les siennes. En revanche, de nouvelles concentrations apparaissent qui pourraient, localement, poser de nouveaux problèmes agronomiques.

L'intérêt de la diversification des rotations est pourtant largement documenté sur le plan technique pour un grand nombre de cultures. La compilation d'essais de longue durée conduits en France par les instituts de recherche et de développement dans les années 80 et 90 met en évidence un gain moyen de 13 quintaux entre un blé de blé et un blé assolé. L'écart est le même, dans des systèmes non irrigués, entre maïs en monoculture et maïs assolé. L'introduction de prairie dans la rotation amplifie encore les écarts de rendements avec un gain moyen de 9 quintaux en sol de limon entre un blé ou une orge dans une rotation avec prairie et un blé ou une orge assolés dans une rotation céréalière. Pour le maïs, en tous types de sols, la présence de prairie de plus de dix-huit mois dans la rotation creuse un écart de 19 quintaux en moyenne avec le rendement d'un maïs en monoculture. Cette hiérarchie est confirmée dans des séries d'essais plus récents.

Ces écarts de rendement résultent d'un cumul d'effets. Entre monoculture et culture assolée, c'est essentiellement la meilleure maîtrise sanitaire des cultures qui explique les écarts de rendement. Les mêmes effets sont observés sur colza, betterave ou pois selon que le retour de ces têtes d'assolement est plus ou moins fréquent dans la rotation. L'effet de la prairie se manifeste sur la structure du sol, avec des conséquences sur la circulation de l'eau dans le sol et les capacités d'enracinement des cultures.

¹ Ingénieure chez ARVALIS-Institut du végétal en charge du suivi des essais rotations.

ROTATION LONGUE
Séance du 15 mai 2019

Aux effets négatifs de la répétition fréquente d'une même culture sur une même parcelle s'ajoutent les effets néfastes de l'excès de concentration d'une même culture dans un paysage agricole : le cas du colza est largement documenté avec, aujourd'hui, des difficultés avérées pour maîtriser les insectes ravageurs de cette culture.

Les atouts des rotations diversifiées sont utilisés dans le réseau DEPHY pour réduire l'usage des produits phytosanitaires dans les rotations. On l'illustrera dans différents contextes agricoles.

INTRODUCTION DE LEGUMINEUSES DANS LES ROTATIONS : EXPÉRIENCES D'UN GROUPE DEPHY FERME EN POLY CULTURE ÉLEVAGE

par Véronique **LAUDINOT**¹

La Chambre d'Agriculture des Vosges accompagne depuis 2011 un groupe de Polyculteurs-Eleveurs essentiellement laitiers, vers la réduction d'utilisation des Produits Phytosanitaires dans le cadre du Réseau DEPHY.

Les systèmes mis en place actionnent plusieurs leviers de reconception, notamment la reconstruction de la rotation chez certains et l'introduction de légumineuses, que ce soit sous forme de prairies temporaires, de légumineuses à grains ou de méteils en culture ou interculture. Les objectifs sont communs à tous les membres du groupe : conduire des systèmes économes en pesticides, économiquement viables et répondant à un enjeu d'autonomie fourragère et/ou protéique.

Il est possible de distinguer plusieurs catégories de trajectoire chez les 9 éleveurs suivis depuis au moins 4 ans :

- 4 exploitations ont choisi d'augmenter la part des Prairies Temporaires dans les rotations. Elles sont aujourd'hui économes à très économes en pesticides (IFT < 50 % de l'IFT de références). Elles ont en commun une orientation marquée élevage (Lait et Viande) et l'adhésion à une mesure MAE qui a facilité la transition.
- 2 exploitations ont modifié leurs rotations en introduisant des protéagineux grains (pois de printemps) associés à des méteils en interculture valorisés en fourrages. Cette nouvelle culture remplace partiellement le colza d'hiver. L'économie globale en pesticides et azote est d'une part proportionnelle aux surfaces dédiées et d'autre part très liée au niveau du changement global de pratiques.
- 3 exploitations n'ont pas actionné le levier rotation ni l'introduction notable de légumineuses. Deux d'entre elles ont cependant notablement réduit l'utilisation des pesticides.

Le groupe a participé au projet CASDAR PhytoEI, porté par Idèle, dont l'un des objectifs fut d'évaluer l'impact d'une réduction des pesticides sur les systèmes d'élevage. Chaque exploitant a pu ainsi imaginer en 2016 un système alternatif répondant à son contexte et à

¹ Chambre d'Agriculture des Vosges.

ROTATION LONGUE
Séance du 15 mai 2019

ses objectifs. La mise en place est progressive et l'adaptation pas à pas très dépendante du contexte économique et de la demande des filières. Cependant, la plupart ont engagé cette transformation et les résultats sur la consommation des pesticides et l'autonomie des troupeaux sont déjà probants.

**COMMENT LES COOPÉRATIVES S'IMPLIQUENT POUR FAVORISER
L'ALLONGEMENT DES ROTATIONS.**

par Benoît **CHORRO**¹

La coopérative OCEALIA est engagée depuis 2011 dans le projet DEPHY Ecophyto avec un groupe de 14 agriculteurs dans la filière Grandes Cultures Polycultures Elevages (GCPE). L'objectif du programme est de concilier rentabilité des pratiques agricoles et réduction de l'usage des pesticides de l'ordre de 50 % si possible. Comment maximiser les bénéfices agronomiques pour réduire la pression des bio-agresseurs telle est la question principale qui anime les agriculteurs. Concevoir la meilleure combinaison de cultures se succédant est un enjeu prioritaire. De plus, depuis un couple d'année les agriculteurs cherchent également des solutions pour réduire l'utilisation du glyphosate durant l'interculture sans augmenter le travail du sol en contrepartie. Certains membres du collectif DEPHY Ecophyto, engagés en agriculture de conservation des sols, se mobilisent également sur ce sujet. Néanmoins à ce stade des recherches, aucune solution durable à l'échelle du système de cultures n'a été trouvée pour se passer complètement du glyphosate. La maîtrise des adventices dans les champs est et restera dans le futur la menace principale des agriculteurs. Des années 2000 à 2010, la gestion durable des herbicides représentait le challenge pour maîtriser le développement des mauvaises herbes des cultures. A cette époque, les ambitions de l'Etat Français étaient moins claires sur la trajectoire que la ferme France devait prendre. De nos jours, la ligne d'horizon vers laquelle le gouvernement souhaite tendre, oblige l'ensemble de la profession agricole à reconcevoir son organisation tant sur l'acquisition des références agronomiques que sur la structuration de débouchés. L'agriculture de précision en lien avec l'évolution de l'agriculture digitale semble amorcer une nouvelle révolution agricole. Néanmoins, aussi précise que soit l'utilisation des intrants, l'intelligence artificielle sera semble-t-il quand même moins efficace qu'un herbicide au champ. La gestion des mauvaises herbes restera toujours le tendon d'Achille de l'agriculture française, rien que les problèmes d'allergie dû à l'ambrosie ou d'intoxications liés au datura sont des exemples concrets de la difficulté de l'homme à maîtriser la nature. Doit-on changer de paradigme au lieu de combattre les mauvaises herbes et l'ensemble des bio-agresseurs doit-on apprendre à les apprivoiser pour mieux vivre avec ? Pourtant, n'en déplaise à certain, la profession agricole devra modifier rapidement son approche dans le conseil et la vente et faire également évoluer en parallèle les offres de collecte pour répondre aux enjeux de la transition agroécologique. A titre d'exemple, sur le volet conseil agronomique, quelques agriculteurs expérimentent la mise en place des cultures associées et des doubles cultures. La combinaison cultures associées suivi d'une culture relais peut également s'envisager. L'objectif étant à la fois d'accroître la rentabilité des exploitations tout en ayant taux de couverture des sols plus important limitant à la fois le salissement des parcelles et en

¹ Service Agronomique - Coopérative OCEALIA.

ROTATION LONGUE
Séance du 15 mai 2019

piégeant l'azote minéralisée en fin d'été. Autre exemple, sur le volet de l'évolution des offres de service en collecte, nous avons entamé une réflexion sur la réception des cultures associées telles le blé-féverole. Si cette nouvelle offre venait à être proposée cela pourrait élargir encore l'éventail des leviers agronomiques dans le choix des combinaisons disponibles aux agriculteurs. Construire des systèmes de cultures plus résilients en s'inspirant de l'agriculture biologique est l'objectif prôné par les hautes instances pour trouver l'équilibre entre production et acceptation sociétale. Faire acte de résilience en transformant les contraintes en opportunités est un concept plaisant mais qui nécessite du temps. Cette notion de temps est d'autant plus longue en agriculture. Alors, pour répondre aux enjeux du plan Ecophyto qui vise à réduire l'usage des pesticides et en même temps répondre à la question du réchauffement climatique en augmentant le stockage du carbone, les agriculteurs devront-ils donc à l'avenir contenir les mauvaises herbes sans chimie et sans travail du sol ? Mais est-ce que la rotation des cultures sera suffisante pour maîtriser les adventices qui de tout temps se sont adaptés aux pratiques agricoles ? Quelles innovations agronomiques économiquement acceptables pourraient nous aider à réduire fortement l'usage des herbicides sur une période de temps limitée ? Est-ce que la France, au travers de ses citoyens seront-ils assez patients pour accepter la lente progression nécessaire aux agriculteurs pour transformer leurs outils économiques en outils économiques à responsabilité sociale et environnementale ?

POLLUTIONS ENVIRONNEMENTALES : LE DIAGNOSTIC SCIENTIFIQUE

La pollution environnementale est régulièrement soulignée par les médias. La méfiance du public vis-à-vis des pesticides et autres "produits chimiques" est patente, l'expertise publique constamment remise en question et les décisions des autorités contestées. L'écotoxicologie, science des pollutions et des polluants chimiques s'est développée considérablement depuis un demi-siècle. Que peut-elle et que doit-elle apporter aujourd'hui à ce débat ?

L'objectif est de faire le point sur les activités des organismes de recherche en France et au Canada, recherches tant structurelles (équipes de recherche) que conjoncturelles (programmes de recherche), en insistant sur le "qui fait quoi".

L'opinion publique se focalise cycliquement sur des cas de pollutions ou de polluants (exemple emblématique, le glyphosate), mais l'interrogation subsiste sur les polluants rémanents du passé (exemple, organochlorés agricoles et industriels...), toujours présents, et sur les polluants émergents. L'aspect temporel sera complété par l'aspect spatial : polluants de l'eau, de l'air, du sol, pollutions ponctuelles ou diffuses.

Les pollutions agricoles et industrielles sont souvent accusées d'être la cause de la "mort" des sols. Qu'en est-il réellement ? Parmi tous les éléments qui régulent le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes, quelle est l'importance réelle des pollutions ?

INTRODUCTION

par René **SEUX**¹

La perception par le public de la (des) pollution(s) environnementale(s) et de ses impacts a beaucoup évolué depuis la seconde moitié du XX^{ème} siècle sous l'effet d'une actualité médiatique, qui laisse peu de place au recul, à l'analyse des tendances et à l'évolution des connaissances scientifiques sur des sujets aussi complexes que variés.

Ce qui hier, était considéré comme un progrès, inspire aujourd'hui méfiance et rejet dans nos sociétés qui, au surplus, remettent en question l'expertise publique et nombre de connaissances établies, pour contester les décisions des autorités.

Les pollutions environnementales concernent tous les compartiments et nombre de disciplines scientifiques. Elles sont largement affectées par nos modes de vies, allant de la production à la consommation, mais aussi par les exigences contradictoires de nos sociétés et des populations qui les composent.

Au sein de ces populations, la perception des risques a elle aussi beaucoup évolué. Si depuis le XIX^{ème} siècle, le risque microbiologique a constitué la préoccupation première des hygiénistes et sa maîtrise, un des facteurs essentiels de la progression spectaculaire des espérances de vie ; depuis les dernières décades du siècle dernier, le risque chimique perçu, l'a probablement devancé. Mais son appréhension est plus difficile, avec notamment la

¹ Membre de la section 5 de l'Académie d'Agriculture de France.

nécessité de prendre en compte les effets à long terme, pour des expositions généralement complexes, multiples et à basses doses, de substances chimiques utilisées dans tous les domaines de l'activité humaine.

Au cours de cette séance, se sont essentiellement les contaminations et pollutions d'origines agricoles qui seront ciblées autour de l'écotoxicologie. Cette discipline, composite par nature, dont la vocation essentielle est l'étude du devenir et des effets des substances toxiques dans les écosystèmes, s'est considérablement développée depuis un demi-siècle, tant au niveau des concepts que des méthodes et des outils mis en œuvre.

- Sébastien **SAUVÉ**, professeur de chimie environnementale à l'Université de Montréal, membre correspondant associé de l'AAF, nous dressera dans un premier exposé un état des polluants passés et présents avec une perspective pour le futur.
- Thierry **CAQUET**, directeur scientifique, INRA, fera une présentation de l'évolution des concepts, des méthodes et des outils de l'écotoxicologie, qu'il illustrera par un état des recherches en écotoxicologie des pesticides.
- Christian **MOUGIN**, membre correspondant de l'AAF, Dr INRA, traitera de la pollution du sol et de ses conséquences sur la faune épigée et endogée.

Les conclusions de cette séance seront tirées par Christian **LÉVÈQUE**, membre titulaire de l'AAF.

LES POLLUANTS (CONTAMINANTS) PASSÉS, PRÉSENTS ET À VENIR

par Sébastien **SAUVÉ**¹

Il faut faire la différence entre un *contaminant* (qui est présent au-delà des concentrations dites normales) et un *polluant* qui en plus d'être présent, a aussi un impact toxique sur les organismes vivants exposés. Il faut donc un critère de qualité pour faire la nuance. On peut probablement ainsi définir que tout produit de synthèse chimique qui n'est pas naturel, est un contaminant, mais il faut avoir des données d'écotoxicologie pour déterminer les seuils nécessaires pour décider à quels niveaux il devient toxique.

Le plus vieux et célèbre des contaminants passés est probablement le plomb. On peut illustrer l'évolution de la contamination terrestre par le plomb en utilisant des carottes de glaces et ainsi voir la contribution des Romains dans l'antiquité, l'apport de la révolution industrielle et d'ajout systématique du plomb dans l'essence, et le resserrement des émissions dans les années 90 qui tend à suggérer un début de correction de la situation.

Il y a une centaine d'années, on utilisait l'arséniate de plomb pour contrôler les insectes dans différentes cultures. Dans les années 30 et 40, on a commencé à remplacer cet insecticide par le DDT – qui ne semblait pas toxique et beaucoup moins nocif que l'arsenic. Jusqu'au cri d'alerte de Rachel Carson et la réalisation que le DDT tue les oiseaux et affecte une

¹ Professeur de chimie environnementale à l'Université de Montréal, membre correspondant associé de l'AAF.

multitude d'autres animaux et qu'on réalise éventuellement qu'il est bioamplifié dans la chaîne alimentaire et a des impacts jusqu'au ours polaires. On a ensuite transféré vers les pesticides organophosphorés – qu'on a présumé sans risques pendant un moment mais qui ont ensuite démontré une multitude d'impacts, notamment au niveau neurotoxique. L'atrazine est ensuite devenu un herbicide populaire, qui a été interdit en Europe (mais encore utilisé en Amérique du Nord) mais de plus en plus remplacé par le glyphosate et les néonicotinoïdes. Avec les controverses qu'on leur connaît et l'apparition récentes de nouvelles familles de pesticides apparentés aux néonicotinoïdes, pour remplacer ceux qui sont bannis.

Il faut aussi réaliser que dans la lutte aux maladies, l'utilisation des antibiotiques contribue au développement de l'antibiorésistance dans toutes sortes d'environnement ; dans le milieu hospitalier, dans les eaux usées municipales et dans les rejets agricoles. Dans le futur (et le présent !), il faut certainement repenser notre usage des antibiotiques.

De plus, l'utilisation d'engrais contribue aussi à fertiliser les cours d'eau et cause la prolifération d'algues bleues, aussi appelées cyanobactéries, qui produisent des cyanotoxines potentiellement très toxiques (on en découvre régulièrement des « nouvelles » qui existent depuis des millénaires).

Pour conclure, l'industrie manufacturière et agrochimique sera continuellement à la recherche d'un avantage commercial pour vendre ses produits. Il faut qu'on redéfinisse comment faire les évaluations de risque des nouvelles substances pour pouvoir être en mode prévention et ne pas simplement réagir quand le poids de l'évidence des multiples impacts des nouveaux composés s'accumule et forcent les autorités à réagir, après les dégâts.

L'ÉTAT DES RECHERCHES EN ÉCOTOXICOLOGIE DES PESTICIDES

par Thierry **CAQUET**¹

L'écotoxicologie étudie le devenir et les effets des substances toxiques dans les écosystèmes : circulation et transformations biogéochimiques ; modalités de contamination des organismes ; mécanismes de pénétration, de distribution, de métabolisation et d'excrétion ; effets sur les organismes ; effets sur les populations, les communautés et les processus écologiques. Les recherches en écotoxicologie ont connu des évolutions très importantes au cours des dernières décennies, que ce soit sur le plan des concepts ou des méthodes. La tendance est identique en ce qui concerne l'écotoxicologie des pesticides, avec dans certains cas un rôle pionnier. Ceci est lié notamment au fait qu'il s'agit de substances destinées à exercer un effet toxique, le plus souvent létal, qui sont répandues de façon intentionnelle dans l'environnement pour atteindre certaines cibles biologiques, ce qui justifie de bien évaluer, à la fois *a priori* et *a posteriori*, le risque associé. De plus, la mise en évidence d'effets non intentionnels sur des organismes non-cibles (pollinisateurs par exemple), voire sur la santé humaine, sont à l'origine d'une forte mobilisation de la recherche vis-à-vis de certaines familles de substances (insecticides néonicotinoïdes par exemple) qui fait écho aux préoccupations croissantes de la société, source aussi de controverses.

¹ INRA, Collège de direction, 147 rue de l'Université, 75007 Paris. Courriel : thierry.caquet@inra.fr

Une revue rapide de la littérature permet d'identifier divers fronts de recherche plus ou moins actifs en écotoxicologie des pesticides au niveau national et international :

- Une gamme d'outils qui s'étoffe sans cesse, alimentée par les avancées réalisées dans les domaines de la chimie ou de la biologie, en lien notamment avec la détermination de l'exposome des organismes : méthodes analytiques permettant la détection, l'identification et la quantification des résidus dans des matrices variées, 'omiques' multiples permettant de caractériser les mécanismes générant les effets sur les organismes, approches par les traits biologiques et écologiques ou d'écologie fonctionnelle, analyse des données, etc.
- Des propositions pour élargir la gamme des outils spécifiques à l'écotoxicologie, comme par exemple, des méthodes d'étude et de modélisation de la toxicocinétique et de la toxicodynamique au sein des organismes ou du devenir dans l'environnement, de nouveaux modèles biologiques considérés comme « plus pertinents », de nouveaux critères d'effet ou d'évaluation (biomarqueurs, bioindicateurs) ou bien encore de l'écotoxicité des mélanges.
- La combinaison des développements techniques ('omiques' notamment) et de l'intégration de différents corpus conceptuels a permis l'émergence de domaines tels que l'analyse des effets transgénérationnels, l'écotoxicogénomique ou l'écotoxicologie évolutive.
- Les avancées sont aussi nombreuses dans le domaine des études réalisées en milieu naturel ou reconstitué (micro- ou mésocosmes), au plus près parfois des conditions réelles d'emploi des substances : études *in situ* des effets à long terme, mise en évidence d'effets indirects, analyse de l'influence des facteurs biotiques et abiotiques (en particulier analyse des conséquences du changement climatique), approches au niveau des paysages et des écosystèmes, etc. En complément de signalements d'incidents, ces travaux servent à alimenter les démarches de phytopharmacovigilance prises en charge en France par l'ANSES.
- Enfin, comme dans d'autres domaines de la recherche, la ré-analyse de jeux de données à l'aide de nouvelles méthodes ou la réalisation de méta-analyses permettent de consolider les connaissances, voire d'identifier de nouvelles hypothèses à tester.

Des exemples issus de projets de recherche et de publications récentes illustreront certains de ces domaines. Les implications pour l'utilisation des substances en protection des cultures (homologation, conditions d'emploi, ...) seront aussi évoquées.

LA POLLUTION DU SOL ET SES CONSÉQUENCES SUR LA FAUNE ÉPIGÉE ET ENDOGÉE : LES SOLS SONT-ILS MORTS ?

par Christian **MOUGIN**¹

Les pesticides sont utilisés depuis des décennies pour protéger les cultures de leurs maladies et ravageurs. En contrepartie, ils contribuent à la contamination générale de l'environnement, et sont accusés d'affecter négativement les populations d'organismes, et par voie de conséquence les équilibres des écosystèmes et la biodiversité. En ce qui concerne le sol, disposons-nous des bases scientifiques qui appuient ce constat ?

Pour rappel, l'écotoxicologie étudie les modalités de contamination de l'environnement par les agents polluants produits par l'activité humaine ainsi que de leurs mécanismes d'action et effets sur les êtres vivants qui peuplent la biosphère.

Dans cette présentation seront d'abord rappelés les différents processus physiques, chimiques et biologiques qui conditionnent la dégradation des pesticides, leur transfert vers les autres compartiments de l'environnement (eau, biote, atmosphère) et par conséquent leur impact potentiel sur les êtres vivants exposés. Seront ensuite présentés les grands mécanismes de toxicité de ces contaminants sur les différents niveaux d'organisation biologique, avec un focus sur les individus et les populations (notions d'abondance, de diversité, d'activité...) et la capacité de résilience de l'écosystème sol.

Des exemples issus de programme de recherche illustreront l'écotoxicité de ces contaminants sur les microorganismes et organismes épigés et endogés, essentiellement en conditions contrôlées ou semi-contrôlées de laboratoire. Ces exemples seront ensuite confrontés avec des données obtenues à la parcelle.

Les perspectives présenteront de nouvelles pistes pour la recherche en écotoxicologie. Dans le contexte du développement de l'agroécologie, celle-ci doit prendre en compte des espèces modèles qui ont une réelle représentativité écologique, et intégrer des connaissances provenant de l'agronomie et de l'écologie. Elle doit également conduire à des méthodes reconnues et partagées de caractérisation biologique des milieux. Enfin, la construction de dispositifs d'observation et d'expérimentation dédiés permettra de développer des approches innovantes comme l'écotoxicologie du paysage.

¹ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture, DR INRA.



Fascination of
Plants Day
May 2019

LA COMMUNICATION CHEZ LES VÉGÉTAUX MYTHE OU RÉALITÉ ?

Séance organisée par Francis MARTIN
Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France

Il y a longtemps que les chercheurs ont mis en évidence la réaction de nombreux végétaux, dont les arbres, à divers paramètres de leur environnement : phénologie et photopériode, croissance et fertilité du milieu, photosynthèse et sécheresse édaphique, ou interactions avec les organismes environnants par exemple. Depuis une vingtaine d'années environ, plusieurs laboratoires étudient les relations des arbres entre eux, par exemple par voie souterraine (réseaux mycorhiziens) ou par le truchement de signaux aériens (émission de jasmonate et d'éthylène). Divers ouvrages ont diffusé ces résultats au grand public : par exemple les livres de Catherine LENNE, Francis MARTIN et Marc-André SELOSSE, ainsi qu'une fiche de l'ouvrage collectif « La forêt et le bois en 100 questions » de l'Académie d'agriculture. Extrapolant à partir des publications scientifiques, certains auteurs connaissent un vrai succès de librairie en parlant de « sensibilité », de « communication » organisée, et même d'« intelligence » des arbres. L'objectif de cette séance est de présenter les derniers résultats scientifiques obtenus dans ces domaines et la manière dont ils peuvent influencer notre vision des végétaux, et éventuellement notre gestion des écosystèmes forestiers. La séance est organisée conjointement par les sections 2 (« Forêts et filière bois ») et 6 (« Sciences de la vie »).

LES RÉSEAUX MYCORHIZIENS QUI RELIENT LES PLANTES : FAITS ET PERSPECTIVES

par Marc-André **SELOSSE**¹

Parmi les facteurs agissant sur la répartition des végétaux, les microorganismes du sol occupent une place prépondérante, qu'ils soient pathogènes ou mutualistes, comme les mycorhiziens. La symbiose mycorhizienne n'est pas seulement une relation entre deux partenaires : peu

¹ Membre de l'Académie, Muséum national d'Histoire naturelle et Université de Gdansk (Pologne) :

spécifiques, les champignons mycorhiziens colonisent souvent les systèmes racinaires de plusieurs plantes voisines, parfois d'espèces différentes. Cette symbiose constitue donc un réseau, qui peut entraîner des collaborations ou des parasitismes indirects entre végétaux voisins. Les collaborations les mieux connues sont les échanges trophiques : des échanges de ressources (carbone, azote, etc...) existent, entre plantes voisines de même espèce ou d'espèces différentes, dont certaines évoluent même en parasites de ce réseau. Plus débattu, il semble exister des échanges de signaux d'alerte, mais leur pertinence écologique reste mal connue in situ à ce jour. La connaissance actuelle des réseaux mycorhiziens démontre l'importance des interactions dans les écosystèmes et la dépendance des 'individus' à leur voisinage.

M.-A. SELOSSE & M. ROY, 2012. – Les plantes qui mangent des champignons... Dossier Pour la Science « Les végétaux insolites » **77**: 102-107.

M.-A. SELOSSE, 2017. – Jamais seul : ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations. Actes Sud, 368 p.

SENSIBILITÉ AUX SIGNAUX CHIMIQUES DE L'ENVIRONNEMENT ET COMMUNICATION CHEZ LES PLANTES

par Catherine **LENNE**¹

Depuis l'Antiquité et jusqu'à très récemment, on a réservé les notions de sensibilité et de communication au monde animal, et en particulier à l'homme, les plantes étant jugées dépourvues de toute vie de relation. Cependant, depuis peu, de nombreux écrits ou documentaires sont venus bouleverser cette vision uniquement végétative des plantes.

La sensibilité des plantes et leurs capacités à communiquer entre elles est un domaine que la recherche scientifique a largement investi depuis les 30 dernières années, jusqu'à diffuser largement vers le grand public, suscitant même dernièrement un emballement médiatique planétaire. Pour communiquer, un émetteur et un récepteur doivent établir une relation par un échange de messages. Si la communication nécessite non seulement la capacité à émettre / percevoir un message et à y répondre de manière adaptée (la sensibilité), elle impose également le partage d'un langage commun, décodable par les deux parties, ainsi que des voies de communication privilégiées. Depuis les années 80s, de nombreux exemples de communication entre plantes, ou entre une plante et un animal ou une bactérie, ont été découverts et étudiés. La nature des messages échangés ainsi que les voies de communication sont diverses.

Nous évoquerons principalement la sensibilité des plantes aux signaux chimiques de leur environnement et la communication entre elles par la voie aérienne, grâce à l'échange de signaux volatils, en particulier dans le domaine de la défense face aux pathogènes ou herbivores. Nous ferons le point sur les recherches actuelles et les connaissances scientifiques acquises, afin de

¹ Université Clermont Auvergne, laboratoire PIAF UCA-INRA. Directrice de la Maison pour la Science en Auvergne.

mieux discuter des interprétations ou approximations trop souvent lues dans les ouvrages ou communications destinées au grand public. La signification écologique de ces échanges de signaux entre plantes ainsi que la possible reconnaissance de leur parentèle pour une communication privilégiée, seront également abordées.

C. LENNE, 2018. – Une communication pleine de sens, Pour la Science Hors-série « La révolution végétale » novembre-décembre 2018, **101**: 30-35.

R. KARBAN & al, 2014. – *Volatile communication between plants that affects herbivory: a meta-analysis*, Ecology Letters, **17**: 44–52.

SENSIBILITÉ AUX SIGNAUX PHYSIQUES DE L'ENVIRONNEMENT ET QUESTION DE L'INTELLIGENCE VÉGÉTALE.

par Bruno **MOULIA**¹

Pendant longtemps le cadre dominant pour l'étude du fonctionnement des plantes dans leur environnement naturel a été celui des flux de matières et d'énergie, et de leur ordonnancement par un programme génétique. La question des signaux était réservée à l'échelle cellulaire ou à des études de physiologie fondamentale. Pourtant sur les dernières décennies, des travaux ont montré la part majeure de la sensibilité végétale dans le contrôle de la plasticité développementale des plantes en conditions naturelles (et sylvi-agri-coles). Nous illustrerons ce propos par l'étude de la sensibilité à deux signaux physiques : i) la sensibilité à la lumière réfléchie par les plantes et les réponses photomorphogénétiques, et ii) la sensibilité au vent et aux contacts et la réponse thigmomorphogénétique. Nous montrerons que ces deux réponses adaptatives ont des conséquences majeures sur les cultures et les forêts, et sont impliquées dans la perception de l'exposition au vent et à la lumière, mais aussi dans la dynamique collective du couvert et la perception de la hauteur dominante et des plantes voisines²; et que ces réponses impliquent des phénomènes de mémorisation et d'accommodation³. Mais d'accommodation à habitude il n'y a qu'un pas et des éthologues se sont emparés de la question et ont démontré expérimentalement un phénomène d'apprentissage associatif chez le pois⁴. D'autre part, certains électrophysiologistes végétaux ont interrogé la présence chez les plantes de molécules ayant chez les animaux un rôle

¹ Directeur de Recherches Inra, Directeur de l'UMR Physique et physiologie Intégratives des Arbres en Environnement Fluctuant (PIAF)-Clermont-Ferrand, Handling Editor Journal of Experimental Botany

² NAGASHIMA, H.; HIKOSAKA, K., 2012. – *Not only light quality but also mechanical stimuli are involved in height convergence in crowded Chenopodium album stands*. New Phytologist **195** (4): 803-811

³ POMIÈS L. DECOURTEIX M., MOULIA B., LEBLANC-FOURNIER N. 2017 – *Poplar stem transcriptome is massively remodeled in response to single or repeated stem bending*. BMC Genomics Volume: **18**, Article Number: 300 ; BONNESOEUR V., CONSTANT T*, MOULIA B† AND FOURNIER M† 2015.– **Forest trees as “wind engineers” : how trees filter chronic wind-signals to acclimate to high winds**: New Phytologist : 210(3):850-60 († co-PI last authors, * corresponding author).

⁴ GAGLIANO M, VYAZOVSKIY VV, BORBÉLY AA, GRIMONPREZ M & M DEPCZYNSKI, 2016. – *Learning by association in plants*. Scientific Reports **6** : 38427.

de neurotransmetteur (ex. Glutamate) et sont à la recherche d'une « synapse végétale ». Et ils ont monté récemment, reprenant le fil de travaux de Claude Bernard, que les anesthésiants médicaux avaient la même activité chez les végétaux⁵.

Un autre sens découvert récemment et celui de l'équilibre et de la proprioception⁶, qui conditionne la forme et la qualité des tiges. Le contrôle postural qui en résulte, requiert la combinaison de plusieurs perceptions (orientation par rapport à la gravité et à la lumière, proprioception) et la mobilisation des mouvements actifs ; et n'a pu être élucidé que grâce à des modélisations mathématiques⁷

La découverte de cette sensori-motricité végétale et d'une forme de perception de soi déstabilise des conceptions bien ancrées. Elle interroge d'autant plus qu'elle arrive alors que le succès planétaire du livre de P. Wohlleben "la vie secrète des arbres", du film documentaire "l'intelligence des arbres" ou encore, en France, l'audience de l'émission d'Envoyé Spécial sur le même sujet suggèrent que la perception des arbres (et plus généralement des plantes ?) par nos concitoyens est en train de changer. Or ces documents prêtent aux arbres deux traits : i) ils présenteraient une certaine forme d'intelligence, et ii) ils ressentiraient la douleur. Ces assertions, plus ou moins dérivées de la relecture de travaux scientifiques, rencontrent un écho grandissant chez le grand public, y compris chez les jeunes nourris à l'*heroic fantasy* et aux films futuristes à grand spectacle (e.g. Avatar). Et de nombreux documents de presse écrite, radiophonique ou télévisuelles surfent sur cette vague en titrant sur l'intelligence des plantes ou en évoquant la question de la douleur végétale.⁸ La filière forêt-bois, et plus largement les milieux agricoles et agronomiques, s'en inquiètent et les sciences agronomiques se trouvent en première ligne⁹. Est-ce que l'on peut parler de sensibilité et de motricité végétale, de comportement végétal ? Est-ce qu'une approche scientifique de la question de formes d'intelligence végétale¹⁰ en se gardant du sensationnalisme est possible ?

⁵ YOKAWA, K., KAGENISHI T., PAVLOVIČ A., GALL S., M. WEILAND M., S. MANCUSO S.,* AND BALUŠKA F. , 2018. – *Anaesthetics stop diverse plant organ movements, affect endocytic vesicle recycling and ROS homeostasis, and block action potentials in Venus flytraps*. *Annals of Botany* **122** : 747–756.

⁶ R. BASTIEN, T. BOHR, B. MOULIA.† * , S. DOUADY.† , 2013 . – *A unifying model of shoot gravitropism reveals proprioception as a central feature of posture control in plant*. *PNAS* **110** (2): 755–760 († co-PI last authors, * corresponding author)

⁷ BASTIEN, R., DOUADY, S†., MOULIA, B †*. 2015. – *A Unified Model of Shoot Tropism in plants: Photo-, Gravi- and Propio-Ception*. *PLOS Computational Biology*, DOI:10.1371/journal.pcbi.1004037 Feb (co PI authors, * corresponding author).

⁸ LEPORTOIS 2019. – Ce qu'il faut répondre à un omnivore qui vous sort l'argument du "cri de la carotte"
<http://www.slate.fr/story/157159/cri-carotte-vegetariens-plantes-douleur>

⁹ Note de l'Académie de l'agriculture de France du 11-09-2017, FOURNIER M. AND MOULIA B. 2018 – Sensibilité et communication des arbres : entre faits scientifiques et gentil conte de fées. Forêt-entreprise - N° **243**, 7-15.

¹⁰ CVRČKOVÁ, F., LIPAVSKÁ H AND ŽÁRSKÝ V ,2009. – *Plant intelligence: Why, why not or where?* *Plant Signaling & Behavior* **4**:5, 394-399

Synthèse de la séance publique du mercredi 29 mai 2019

« COMMUNICATION CHEZ LES VÉGÉTAUX : MYTHE OU RÉALITÉ ? »

Responsables : Francis **MARTIN** & Marc-André **SELOSSE**
(Section « **Sciences de la vie** »)

Séance préparée avec la section « **Forêts et filière bois** »

Séance labellisée « **Fascination of plants day – May 2019** »

Contexte et objectifs :

Il y a longtemps que les chercheurs ont mis en évidence la réaction de nombreux végétaux, dont les arbres, à divers paramètres de leur environnement : phénologie et photopériode, croissance et fertilité du milieu, photosynthèse et sécheresse édaphique, ou interactions avec les organismes environnants par exemple. Depuis une vingtaine d'années environ, plusieurs laboratoires étudient les relations des arbres entre eux, par exemple par voie souterraine (réseaux mycorhiziens) ou par le truchement de signaux aériens (émission de jasmonate et d'éthylène). Divers ouvrages ont diffusé ces résultats au grand public : par exemple les livres de Catherine LENNE¹, Francis MARTIN² et Marc-André SELOSSE³, ainsi qu'une fiche de l'ouvrage collectif « La forêt et le bois en 100 questions »⁴ de l'Académie d'agriculture. Extrapolant à partir des publications scientifiques, certains auteurs connaissent un vrai succès de librairie en faisant des plantes des « êtres émotionnellement sensibles » et en parlant de « communication intentionnelle », et même d'« intelligence » des végétaux⁵. L'objectif de cette séance est de présenter les derniers résultats scientifiques obtenus dans ces domaines et la manière dont ils peuvent influencer notre vision des végétaux, et éventuellement notre gestion des écosystèmes forestiers. La séance est organisée conjointement par les sections 2 (« Forêts et filière bois ») et 6 (« Sciences de la vie »).

Introduction

Francis **MARTIN**, membre de l'académie (section 6), directeur de recherches à l'INRA, directeur du labex « Arbre », co-organisateur de la séance, introduit les intervenants en soulignant qu'il existe 3 000 milliards d'arbres sur la planète, chacun holobionte, et qui entretiennent des relations entre eux et avec de très nombreux autres êtres vivants. La séance abordera diverses facettes du « dialogue » entre les plantes, en posant la question de l'intention, de la mémoire, et se demandera, in fine, si l'on peut parler de conscience et d'intelligence dans le monde végétal. Ces

¹ Dans la peau d'une plante. 70 questions impertinentes sur la vie cachée des plantes. BELIN ed, 2014.

² Sous la forêt ? Pour survivre il faut des alliés ? Humensis ed, 2019.

³ Jamais Seul : Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations. Actes Sud ed, 2017.

⁴ Les arbres sont-ils connectés par les réseaux mycorhiziens ? par F MARTIN et MA SELOSSE

⁵ La vie secrète des arbres, par P WOHLLEBEN, Les Arènes ed, 2017.

Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

réflexions font écho à la publication le 5 avril dernier par l'association ARBRES de la « déclaration des droits des arbres ».

Exposés des trois intervenants :

Marc-André **SELOSSE**, membre de l'Académie, co-organisateur de la séance, Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle et à Université de Gdansk (Pologne), a intitulé sa présentation : *Les réseaux mycorhiziens qui relient les plantes : faits et perspectives*.

Parmi les facteurs agissant sur la répartition des végétaux, les microorganismes du sol occupent une place prépondérante, qu'ils soient pathogènes ou mutualistes, comme les mycorhiziens. La symbiose mycorhizienne n'est pas seulement une relation entre deux partenaires : peu spécifiques, les champignons mycorhiziens colonisent souvent les systèmes racinaires de plusieurs plantes voisines, parfois d'espèces différentes, comme cela a été démontré par exemple pour le chêne vert et l'arbousier en Corse. Cette symbiose constitue donc un réseau, qui peut entraîner des collaborations ou des parasitismes indirects entre végétaux voisinant⁶.

Les collaborations les mieux connues sont les échanges trophiques : des échanges de ressources (carbone, azote, etc...) existent, entre plantes voisines de même espèce ou d'espèces différentes. S. Simard a prouvé la réalité de ces échanges par des marquages chez le Douglas et le Bouleau (mais pas avec les thuyas présents dans la même forêt). Le problème est celui de la contribution de ces échanges au bilan nutritif des plantes. Un article récent mentionne un niveau d'échanges atteignant 40% du carbone assimilé par les plantes, mais avec un bilan global à somme nulle. Certaines plantes de sous-étage, notamment en forêt tropicale mais aussi des orchidées⁷ et des éricacées de nos régions, ont néanmoins évolué en parasites de ce réseau mycorhizien pour s'adapter à une ambiance très peu lumineuse : mais ce cas reste particulier.

Plus débattu, le réseau mycorhizien semble transporter des signaux d'alerte : des expériences en pot ont montré que des plantes non parasitées mais connectées par un réseau mycorhizien avec une plante parasitée pouvaient présenter le même comportement que cette dernière. La pertinence écologique de telles interactions reste mal connue *in situ* à ce jour. La connaissance actuelle des réseaux mycorhiziens démontre l'importance des interactions dans les écosystèmes et la dépendance des 'individus' à leur voisinage plus ou moins immédiat⁸.

Catherine **LENNE**, Université Clermont-Auvergne, Directrice de la Maison pour la Science en Auvergne a intitulé son exposé : ***Sensibilité aux signaux chimiques de l'environnement et communication chez les plantes.***

Depuis l'Antiquité et jusqu'à très récemment, on a réservé les notions de sensibilité et de communication au monde animal, et en particulier à l'homme, les plantes étant jugées dépourvues de toute vie de relation. Cependant, depuis peu, de nombreux écrits ou documentaires sont venus bouleverser cette vision uniquement végétative des plantes.

La sensibilité des plantes et leurs capacités à communiquer entre elles est un domaine que la recherche scientifique a largement investi depuis les 30 dernières années, jusqu'à diffuser

⁶ **M.-A. SELOSSE**, M. ROY, 2012. – Les plantes qui mangent des champignons... *Dossier Pour la Science* « Les végétaux insolites » **77**: 102-107.

⁷ **M.-A. SELOSSE**, 2003. – La Néottie, une "mangeuse" d'arbres. *L'Orchidophile* **155**: 21-31.

⁸ <http://isyeb.mnhn.fr/fr/annuaire/marc-andre-selosse-404>

Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

largement vers le grand public, suscitant même dernièrement un emballement médiatique planétaire.

Pour communiquer, un émetteur et un récepteur doivent établir une relation par un échange de messages. La communication nécessite d'abord la capacité à émettre / percevoir un message et à y répondre de manière adaptée (la sensibilité), et impose également le partage d'un langage commun, décodable par les deux parties, ainsi que des voies de communication privilégiées. Depuis les années 1980, les publications sur ces sujets sont de plus en plus nombreuses. Par exemple, la réduction de croissance en hauteur de semis de soja exposés à l'éthylène, bien documentée, implique un récepteur membranaire à l'éthylène, sur le même modèle « serrure – clé » que la reconnaissance des substances chimiques volatiles par l'odorat humain. Environ 20% du carbone fixé par les plantes serait ré-émis dans l'air sous forme de senteurs. Les composés organiques volatils (cov) qui en sont la source sont des terpènes dans un cas sur deux. Chaque plante a son « bouquet » de senteurs propre qui peut varier dans le temps : le « bouquet » du chou se diversifie lorsqu'il est attaqué. La nature des messages échangés ainsi que les voies de communication sont diverses. Ces émissions peuvent avoir diverses utilités : reproduction (attraction des pollinisateurs), réaction à un stress, défense.

Ces émissions permettent également une communication entre plantes. Dans l'espèce Arabelle, l'attaque d'un herbivore ou d'un pathogène sur une plante déclenche l'émission de cov qui provoquent une réaction de sensibilisation (« priming ») chez les plantes voisines de la même espèce. Dans le cas du maïs, la libération d'un éliciteur par les feuilles détruites par les chenilles déclenche la mise en œuvre de défenses chimiques locales par la feuille attaquée et l'émission de cov dans l'air attirant des hyménoptères parasitoïdes. La production par la pomme de terre de terpénoïdes constitutifs repoussant les pucerons est augmentée par la présence d'oignons cultivés à proximité.

Mme Lenne souligne que, dans la nature, des résultats différents de ceux des conditions de laboratoire peuvent être obtenus. Ainsi les cov, qui ne seraient perçus qu'à moins de 50 cm de distance, ne serviraient finalement qu'à la plante émettrice. A court terme, quelques heures, ils constitueraient un signal rapide permettant la sensibilisation de toute la plante, à partir d'une seule feuille attaquée ; en quelques jours ou semaines, une autre signalisation, interne cette fois et véhiculée par les voies vasculaires de la tige, prendrait le relais du signal aérien pour mettre en œuvre ses défenses complètes.

Il existe aussi de nombreux exemples de communication entre une plante et un animal ou une bactérie.

En conclusion, les plantes émettent des messages non privés (entre plantes de la même espèce ou entre plantes d'espèces différentes) à base de substances chimiques, par le sol ou dans l'air, constitutifs ou induits, pouvant avoir des effets d'attraction, de répulsion ou de défense. Pour Mme Lenne des éléments de communication entre plantes existent bel et bien : des « mots » (cov), des « phrases » (bouquets), un « langage commun » (récepteurs).

Mme Lenne termine son exposé en recommandant la lecture de trois livres ; « Dans la peau d'une plante » (Catherine Lenne, 2014, Belin ed), « A quoi pensent les plantes » (Jacques Tassin, 2016, Odile Jacob ed) et « l'intelligence des plantes » (Stefano Mancuso & Alessandra Viola, 2018, Albin Michel ed).

Bruno **MOULIA**, INRA, Clermont Ferrand Directeur de Recherches Inra, Directeur de l'UMR « Physique et physiologie Intégratives des Arbres en Environnement Fluctuant (PIAF) » -

Clermont-Ferrand, Handling Editor Journal of Experimental Botany, a intitulé son intervention : *Sensibilité aux signaux physiques de l'environnement et question de l'intelligence végétale*.

Pendant longtemps le cadre dominant pour l'étude du fonctionnement des plantes dans leur environnement naturel a été celui des flux de matières et d'énergie, et de leur ordonnancement par un programme génétique. La question des signaux était réservée à l'échelle cellulaire ou à des études de physiologie fondamentale. Pourtant sur les dernières décennies, des travaux ont montré la part majeure de la sensibilité végétale dans le contrôle de la plasticité développementale des plantes en conditions naturelles (et sylvi-agri-coles). Nous illustrons ce propos par l'étude de la sensibilité à deux signaux physiques, lumineux et mécaniques, en montrant qu'ils donnent à la plante deux types d'information : une information d'exposition à un risque (risque de casse, de manque de lumière) et une information de voisinage. Ces signaux d'exposition ou de voisinage déclenchent un syndrome de réponses, alliant croissance et mouvements actifs, dont la fonction est une fonction d'anticipation, acquise au cours de l'Evolution.

1) la sensibilité à la lumière réfléchie par les plantes et les réponses photomorphogénétiques : des récepteurs sensibles à différentes gammes de longueur d'onde permettent à la plante de percevoir son degré d'ombrage actuel et d'identifier des gradients de lumière bleue, indicatifs de la présence d'une trouée dans le couvert. Cela lui permet i) de déclencher un syndrome de réponse d'adaptation à l'ombrage (photomorphogénèse), par exemple une très forte croissance en hauteur chez les espèces de lumière (évitantes de l'ombre) et ii) d'orienter sa croissance en direction de la source de lumière directe (bleue). Par ailleurs, l'un de ces récepteurs (phytochrome B) permet à la plante de détecter la présence de voisines chlorophylliennes avant même qu'elles ne l'ombrant, via la lumière Rouge Sombre réfléchie. La plante peut ainsi déclencher une réaction de croissance et un mouvement d'évitement avant même d'être ombrée ; ainsi un maïs « voit » jusqu'à au moins 5m de distance.

2) la sensibilité au vent et aux contacts et la réponse thigmomorphogénétique : les plantes perçoivent la déformation de la tige sous le vent grâce à des canaux mécanosensibles et répondent à ce signal d'exposition au vent par un syndrome de réponse de croissance, dont l'importance a été longtemps sous-estimée. Ainsi, en conditions de parcelle, la croissance en hauteur de plants de luzerne libres de bouger au vent est réduite de 50% ; la croissance en diamètre de hêtres peut être doublée. Les signaux mécaniques servent aussi pour la détection des voisines. Ainsi, chez l'Arabette, des expériences de densité de peuplement ont montré que le contact entre feuilles de deux plantes voisines conduit au redressement actif des feuilles. Ce redressement déclenche dans un deuxième temps leur photoperception réciproque qui vient renforcer le signal initial. Cette combinaison de réponse thigmo- puis photo-morphogénétique permet d'éviter le chevauchement des feuilles et optimise l'interception de la lumière en minimisant la compétition entre plantes.

Plus largement, nous montrons que ces deux réponses adaptatives, souvent combinées, ont des conséquences majeures sur les cultures et les forêts, et sont impliquées dans la perception de l'exposition au vent et à la lumière, mais aussi dans la dynamique collective du couvert et la perception de la hauteur dominante et des plantes voisines⁹. Par ailleurs, ces réponses impliquent des phénomènes de mémorisation et d'accommodation¹⁰. Par exemple, chez le hêtre, les vents à

⁹ NAGASHIMA, H.; HIKOSAKA, K., 2012. – Not only light quality but also mechanical stimuli are involved in height convergence in crowded *Chenopodium album* stands. *New Phytologist* **195** (4): 803-811.

¹⁰ POMIÈS L. DECOURTEIX M., MOULIA B., LEBLANC-FOURNIER N. 2017. – "Poplar stem transcriptome is massively remodeled in response to single or repeated stem bending. *BMC Genomics* Volume: **18** Article Number: 300 ; BONNESOEUR V., CONSTANT T*, MOULIA B† AND FOURNIER M† 2015 *Forest Copyright Académie d'agriculture de France*, 2019.

caractère habituel sont ignorés, et une réaction ne se déclenche que pour des vents dont le temps de retour est supérieur à 10 jours (la durée moyenne de mémorisation).

Mais d'accommodation à habitude il n'y a qu'un pas. La Sensitive paraît capable de « s'habituer » à des chutes répétées¹¹. Comme l'habitude est considérée comme le 1^{er} niveau d'apprentissage, des éthologues se sont ensuite demandé si les plantes n'étaient pas capables d'apprentissage associatif, à l'instar de la fameuse expérience du chien de Pavlov. Ils ont ainsi démontré expérimentalement chez le pois¹² un phénomène d'apprentissage concernant deux signaux différents associés (vent, lumière). Du fait de sa nouveauté et de son enjeu cognitif, cette expérience devrait toutefois être répétée par une équipe indépendante. D'autre part, certains électrophysiologistes végétaux ont interrogé la présence chez les plantes de molécules ayant chez les animaux un rôle de neurotransmetteur (ex Glutamate) et sont à la recherche d'une « synapse végétale ». Et ils ont monté récemment, reprenant le fil de travaux de Claude Bernard, que certains anesthésiants médicaux avaient la même activité chez les végétaux¹³.

Un autre sens découvert récemment est celui de l'équilibre et de la proprioception¹⁴, qui conditionne la forme et la qualité des tiges des arbres. Le contrôle postural qui en résulte, requiert la combinaison de plusieurs perceptions (orientation par rapport à la gravité et à la lumière, proprioception) et la mobilisation des mouvements actifs ; et n'a pu être élucidé que grâce à des modélisations mathématiques¹⁵. On a ici un exemple de sensori-motricité complexe. Par contre il faut bien se garder de confondre proprioception et conscience de soi.

Comme on le voit dans ce qui a été présenté jusqu'ici, la découverte de cette sensori-motricité végétale et d'une forme de perception de soi déstabilise des conceptions bien ancrées. Elle interroge d'autant plus qu'elle arrive alors que le succès planétaire du livre de P. Wohlleben "La vie secrète des arbres", du film documentaire "L'intelligence des arbres" ou encore, en France, l'audience de l'émission d'Envoyé Spécial sur le même sujet, suggèrent que la perception des arbres (et plus généralement des plantes ?) par nos concitoyens est en train de changer. Or ces documents prêtent aux arbres deux traits : i) ils présenteraient une certaine forme d'intelligence, et ii) ils ressentiraient la douleur. Ces assertions, plus ou moins dérivées de la relecture de travaux scientifiques, rencontrent un écho grandissant chez le grand public, y compris chez les jeunes nourris à l'« Heroic fantasy » et aux films futuristes à grand spectacle (e.g. Avatar). Et de nombreux documents de presse écrite, radiophonique ou télévisuelle surfent sur cette vague en

trees as "wind engineers" : how trees filter chronic wind-signals to acclimate to high winds: *New Phytologist* : **210**(3):850-60 († co-PI last authors, * corresponding author).

¹¹ Gagliano M, Renton M, Depczynski M., Mancuso S. 2014. – Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia* **175**:63–72.

¹² GAGLIANO M, VYAZOVSKIY VV, BORBÉLY AA, GRIMONPREZ M & M DEPCZYNSKI, 2016. – Learning by association in plants. *Scientific Reports* **6**: 38427.

¹³ YOKAWA, K, KAGENISHI T., PAVLOVIČ A., GALL S., M. WEILAND M., S. MANCUSO S.* and BALUŠKA F. , 2018. – Anaesthetics stop diverse plant organ movements, affect endocytic vesicle recycling and ROS homeostasis, and block action potentials in Venus flytraps. *Annals of Botany* **122**: 747–756.

¹⁴ R.BASTIEN, T. BOHR, B. MOULIA.† * , S.DOUADY.† , 2013 . – A unifying model of shoot gravitropism reveals proprioception as a central feature of posture control in plant. *PNAS* **110** (2): 755–760 († co-PI last authors, * corresponding author).

¹⁵ BASTIEN, R., DOUADY, S†., MOULIA, B †*. 2015. – A Unified Model of Shoot Tropism in plants: Photo-, Gravi- and Propio-Ception. *PLOS Computational Biology*, DOI:10.1371/journal.pcbi.1004037 Feb (co PI authors, * corresponding author).

titrant sur *l'intelligence des plantes* ou en évoquant la question de la *douleur végétale*¹⁶. La filière forêt-bois, et plus largement les milieux agricoles et agronomiques, s'en inquiètent et les sciences agronomiques se trouvent en première ligne¹⁷.

Il semble clair que l'on peut trouver chez les plantes une motricité à base sensorielle, et des comportements plus élaborés que les simples réflexes et dépassant la plasticité adaptative classique (stimulus-réponse). L'existence d'une conscience réflexive centralisée n'est pour autant pas prouvée. Est-ce qu'une approche scientifique de la question de formes *d'intelligence végétale*¹⁸ en se gardant du sensationnalisme est possible ? Probablement, à condition d'employer la définition de l'éthologie et de l'intelligence artificielle et d'adopter une démarche analytique. Mais le débat est ouvert !

La discussion avec la salle porte sur les points suivants :

Que sait-on de la sensibilité des plantes à la musique (travaux anciens au Japon) ? La perception de sons a été démontrée (exemple : distinction du bruit des chenilles se nourrissant de celui du vent). En revanche, il ne semble pas y avoir de résultats en ce qui concerne des mélodies.

Alors que la présence de récepteurs du glutamate a bien été détectée chez les plantes, la recherche de synapses, comme les neurones humains en présentent, n'a pas abouti à ce jour.

Les essais récents visant à évaluer l'effet chez les plantes des anesthésiants employés en médecine humaine, à la suite des travaux de CI Bernard appliquant de l'éther sur la sensitive, ont bien montré un impact sur la motricité. Les causes n'en sont pas élucidées, comme c'est d'ailleurs aussi le cas chez l'homme.

Les applications industrielles de ces connaissances, à ce stade, paraissent peu nombreuses.

Les plantes pourront elles s'adapter, par habituation, accommodation, etc., aux bouleversements des changements globaux ? A priori, il ne faut pas surestimer les capacités des plantes : leur « mémoire » se compare à celle d'une calculette, leurs réactions sont souvent de l'ordre du réflexe.

Un vif débat épistémologique court dans toute la discussion. Les risques scientifiques liés à l'emprunt et au transfert abusif aux plantes du vocabulaire de la psychologie humaine et de l'éthologie, tout particulièrement le terme « intelligence », dans le but de « plaire au grand public » ne sont-ils pas élevés ? Les conclusions des études ne sont-elles pas trop marquées d'anthropocentrisme, ou de finalisme ? Peut-on vraiment employer le mot « intelligence » pour les plantes ? Les réponses principales des intervenants sont les suivantes :

¹⁶ LEPORTOIS 2019. – Ce qu'il faut répondre à un omnivore qui vous sort l'argument du "cri de la carotte" <http://www.slate.fr/story/157159/cri-carotte-vegetariens-plantes-douleur>

¹⁷ Note de l'Académie de l'agriculture de France du 11-09-2017 ; FOURNIER M. AND MOULIA B. 2018 Sensibilité et communication des arbres : entre faits scientifiques et gentil conte de fées. Forêt-entreprise - N° 243 :7-15.

¹⁸ CVRČKOVÁ, F., LIPAVSKÁ H. and ŽÁRSKÝ V ,2009. – Plant intelligence: Why, why not or where? Plant Signaling & Behavior 4:5, 394-399

- Les travaux présentés ne supposent aucune cause extrinsèque, seulement des mécanismes physiologiques générateurs de plasticité phénotypique dans le cadre de processus évolutifs sous l'effet de la sélection naturelle ;
- Certes les mêmes mots peuvent recouvrir des réalités très différentes chez les plantes et chez l'homme (mémoire, proprioception, intelligence ...); inventer des termes spécifiques pour les plantes provoquerait de très grandes difficultés de communication vis-à-vis du public et pourrait bloquer la progression de la connaissance ;
- Avec le temps, la signification d'un mot peut s'élargir, se complexifier ; la langue n'est pas figée, surtout pour des mots polysémiques ; pour autant, certaines métaphores peuvent être néfastes et le discours des scientifiques doit s'efforcer d'être à la fois clair et précis;
- N'oublions pas que nous descendons tous de la même cellule eucaryote, et que nous vivons aussi dans le même environnement. La question de savoir si des phénomènes communs ou analogues entre plantes et animaux est un phénomène de convergence ou un héritage ancestral est en soi intéressante ; il y a un enjeu d'universel dans toute activité scientifique ;
- L'anthropocentrisme maîtrisé peut donc avoir une utilité pédagogique, et inspirer des pistes de recherche.

Conclusion

Par Mériem **FOURNIER**, membre de l'académie (section 2).

Les faits scientifiques démontrent des capacités insoupçonnées chez les plantes. Ces résultats peuvent s'interpréter sans recourir à une finalité, à des affects, à un cerveau, en restant fidèle au principe de parcimonie fondamental en sciences.

Il est légitime que les scientifiques visent l'universalité, mais ils doivent se méfier des mots polysémiques comme *sensibilité*, *communication* ou *intelligence*. Même lorsqu'on les définit en biologiste avec toute la précision nécessaire, même en rappelant qu'ils décrivent des phénomènes de la métrologie, de l'automatique ou de la robotique très éloignés des sciences de la vie, il faut être conscient de leur impact sur nos concitoyens qui leur donnent immédiatement un autre sens, avec l'envie d'entendre de belles histoires de plantes proches du conte de fée plus que d'écouter une explication scientifique rigoureuse.

Pour que ces faits aient un sens pour les pratiques, l'épreuve du champ, qui représente un changement d'échelles spatiale et temporelle par rapport au laboratoire, est indispensable, notamment pour évaluer si les mécanismes observés sont anecdotiques ou réellement importants. Vu la complexité de l'expérimentation concluante au champ, le risque serait de ne jamais appliquer des connaissances insuffisamment éprouvées. Il faut trouver le juste milieu, oser émettre des hypothèses nouvelles en gardant une part d'incertitude. Surtout s'engager aux côtés des praticiens qui sont aujourd'hui plus facilement écoutés que les scientifiques experts, reconnaître la force et les limites de leurs constats et veiller à ne pas les laisser seulement picorer quelques faits scientifiques enjolivés ou tronqués. Accepter de toutes façons que les praticiens prennent des initiatives originales, et posent des questions en prise avec les citoyens. Se faire aider par les sciences sociales pour décoder les représentations, les ressentis subjectifs, et les jeux de pouvoir sous-jacents.

Pas facile donc de faire évoluer les pratiques à partir de ces faits scientifiques encore peu éprouvés au champ et soutiens de représentations qui dépassent les biologistes. Les trois exposés et les débats ont montré comment ces faits amenaient néanmoins à penser une agriculture et une sylviculture plus complexes, qui tiennent compte de l'écologie des symbioses ou des signaux perçus par les plantes, au-delà de l'écophysiologie de l'acquisition et de l'utilisation des ressources eau, lumière et nutriments, de la compétition dans les communautés et de l'adaptation génétique aux conditions environnementales.

La biologie doit encore progresser pour améliorer le lien entre physiologie, microbiologie ou disciplines en « -omique » d'une part, écologie à vaste échelle spatiale et temps longs appliquée à la gestion des écosystèmes d'autre part. Cela ne répondra pas à toutes les questions que la société et nos concitoyens se posent sur les plantes. Des passerelles sont à construire avec beaucoup d'autres disciplines : philosophie, sociologie, anthropologie, sciences politiques, histoire...

IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LE DÉVELOPPEMENT DES ALLERGIES ALIMENTAIRES

Séance organisée par Jean-Michel **WAL**
Membre de l'Académie d'agriculture

L'objectif est de discuter les interactions existant entre les allergies alimentaires et les allergies aux pollens ainsi que le rôle de notre environnement et des modifications que les activités humaines peuvent y apporter, dans le développement des allergies alimentaires.

INTRODUCTION

par Yvette **DATTÉE**¹

Monsieur le Président,
Monsieur le secrétaire perpétuel,
Chères consœurs, chers confrères chers amis

Je remercie Jean Michel Wal de m'avoir invitée à introduire cette séance qui est bien loin de mon domaine de compétence et je voudrai faire quelques focus sur les variations de notre environnement et de nos comportements.

De tout temps les hommes ont vécu en interaction avec leur environnement.

On peut se demander quels sont aujourd'hui dans notre continent les principaux changements de l'environnement, quels sont les principaux changements de nos comportements et quelles sont leurs interactions touchant notre agriculture et notre santé.

Changements de l'environnement, j'en mentionnerai trois dans le domaine de l'agriculture : le changement climatique, l'intensité des échanges internationaux liés aux transports, la diversification des agricultures.

Changements de nos comportements : une exigence accrue, si ce n'est exacerbée vis-à-vis de la qualité de notre alimentation avec ses contradictions, j'y reviendrai, un souci légitime du maintien de la diversité biologique, un retour à la « nature » certes mais accompagné d'une perte considérable de la connaissance biologique.

Le Changement climatique et l'intensification des échanges internationaux sont responsables du changement de l'aire de répartition de nombreux bioagresseurs ou de leur introduction en Europe et en France, en voici quelques exemples :

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

Drosophila suzukii est découverte en 1916 au Japon détectée en Europe en 2009 sa présence est confirmée en Corse en 2010 puis signalée dans le Nord et l'Est de la France où elle cause des dégâts importants, notamment dans les champs de fraisiers et autres fruits rouges

Tuta absoluta la mineuse de la tomate, un lépidoptère originaire d'Amérique du Sud dont la larve attaque en particulier les feuilles et les fruits de la tomate, ainsi que d'autres solanacées, dont la pomme de terre, elle est apparue dans le bassin méditerranéen à partir de 2006 et en France en 2008.

La chrysomèle du Maïs, coléoptère apparu en France en 2002 est déclarée espèce envahissante,

La pyrale du buis autre lépidoptère, introduite accidentellement en France en 2000 et devenue très rapidement invasive comme vous le savez.

Ces espèces nouvellement introduites n'ont pas de prédateurs dans nos régions.

Citons aussi l'Ambroisie, une astéracée introduite en Europe à partir de la fin du XIX^e siècle plante envahissante, dont le pollen provoque des allergies graves chez les personnes sensibles. En 2011, la France a mis en place un observatoire interministériel pour coordonner la lutte contre cette plante.

On constate également la remontée vers le nord de la France du moustique tigre, l'arrivée avant 2004 d'une sous-espèce du frelon asiatique, *Vespa velutina nigrithorax*. Ce frelon a colonisé en 2017 presque toute l'Europe. Il est dangereux pour l'homme et nuisible pour les abeilles.

Ce ne sont que quelques exemples, notre Président pourrait donner une liste bien plus exhaustive mais notons que l'augmentation du nombre de bioagresseurs, associée à la réduction de l'usage des produits phytosanitaires de synthèse pose de réels problèmes pour certaines cultures ou aménagements paysagers.

La diversification des agricultures qui se traduit par la coexistence de l'agriculture conventionnelle, de l'agriculture raisonnée, de l'agriculture biologique peut être considérée comme une des composantes de l'agro écologie, positive pour les écosystèmes agricoles au plan de la qualité des sols, de la présence des insectes pollinisateurs notamment. Mais soyons vigilant, l'ergot du seigle qui était quasiment éradiqué en France fait son retour du fait de l'absence de contrôles sanitaires sur certaines catégories de semences,

La présence de graines de datura espèce très fréquente presque partout en France en bord de route ou dans les champs cultivés, peut contaminer accidentellement la chaîne alimentaire. En janvier 2019, de la farine de sarrasin a ainsi l'objet d'un rappel ainsi que des haricots verts surgelés en mars de la même année.

Parallèlement nous sommes devenus extrêmement exigeants sur la sécurité de notre alimentation et comme les méthodes d'analyse et de détection ne cessent de progresser nos exigences sont de plus en plus fortes.

Le règlement aliment nouveau exige pour toute utilisation d'un nouvel aliment une procédure d'examen très approfondie.

Cela a été le cas de La **chia**, (*Salvia hispanica*) plante de la famille des Lamiacées, originaire du Mexique cultivée pour ses graines alimentaires à l'époque précolombienne par les Amérindiens

redécouverte récemment au plan alimentaire et qui a du faire l'objet d'un avis de l'ANSES préalablement à sa culture et à sa commercialisation en France.

De façon tout à fait contradictoire de mon point de vue, on voit se multiplier les ouvrages et les recettes concernant la consommation de plantes sauvages de nos jardins tout comme celle de fleurs diverses et variées. Je ne sais pas si cette tendance fait beaucoup d'adeptes mais elle me paraît en contradiction totale avec le souci de sécurité précédemment évoqué. Ce comportement s'intègre parfaitement à la préoccupation si souvent mal comprise de retour à la nature exprimée par beaucoup de citoyens.

En matière de diversité biologique, l'esprit et la mode ne sont plus aux introductions d'espèces exotiques. Les différents traités issus de la convention sur la diversité biologique rendraient d'ailleurs ces opérations très lourdes au plan administratif. On dispose en France d'une gamme prodigieuse de végétaux d'ornement, les paysagistes et les horticulteurs ont à leur disposition des conseils sur le choix et les assemblages d'espèces permettant de limiter les risques d'allergies. Faut-il alors envisager des extrêmes comme certains le voudraient en privilégiant les végétaux d'origine locale ? Est-ce vraiment cela le défi pour la biodiversité ? Ne faut-il pas cesser de demander la création de pseudo-habitats au nom d'une approche écologique 'dévoyée' alors que leur pérennité n'existe que par l'intervention régulière de l'homme.

On vante l'impact positif des végétaux, des jardins, du jardinage sur la santé ; on cherche à augmenter le nombre et la surface des espaces verts en ville pour de multiples raisons, créer de la convivialité, préserver la biodiversité, favoriser ces fameuses trames vertes, rafraîchir l'air des villes, peut être aussi limiter la pollution.

La demande de jardins familiaux en ville ne cesse d'augmenter. Les programmes dits de sciences participatives se multiplient pour apprendre les noms des plantes des rues et puisque les traitements phytosanitaires sont interdits dans les espaces publics, la flore spontanée se développe abondamment : matricaires, chélidoines, pissenlits, graminées diverses.

Tout ceci va dans le sens, en principe, de réapprendre au citoyen à côtoyer les espaces naturels et les jardins.

La grande difficulté est que la transmission du savoir n'a pas été assurée, si beaucoup d'entre nous avons appris de nos parents le travail de la terre ou du jardin, il n'en n'est pas de même des jeunes qui se réclament d'un jardinage dit écologique, de la permaculture, voire de la biodynamie.

Débuter par une bonne explication de l'écologie scientifique limiterait sans doute les contradictions que je me suis permis de mentionner.

Je vous remercie de votre attention.

**LES ALLERGIES ALIMENTAIRES EN PLEINE EXPANSION :
Reconnaître les symptômes, connaître les mécanismes,
ne pas méconnaître les facteurs de risque**

Dr Étienne **BEAUDOUIN**¹

L'allergie alimentaire peut être définie comme étant l'expression de manifestations cliniques consécutives à des réactions immunitaires anormales en réponse à l'exposition d'un aliment (le plus souvent à une protéine végétale ou animale). Les mécanismes relèvent très schématiquement soit d'une allergie médiée par les IgE spécifiques (hypersensibilité immédiate) soit d'une médiation cellulaire ou plus complexe impliquant les deux.

La prévalence de l'allergie alimentaire ne cesse d'augmenter à travers le monde et en particulier dans les pays occidentaux dans ses formes complexes et sévères : ainsi aux USA elle serait passée de 3,4% en 1997/1999 à 5% en 2009/2011. Actuellement en France, elle touche plus de 5% des enfants. Toutefois, les données épidémiologiques peuvent varier de façon conséquente car elles sont tributaires non seulement de la méthodologie des études (recueil de données par simple questionnaire, réalisations d'explorations allergologiques plus ou moins poussées) mais également du type de manifestations cliniques considérées, de l'âge de la population concernée (l'allergie alimentaire serait trois fois plus fréquente chez l'enfant), des pays étudiés (fonction des habitudes culturelles et particularités régionales).

On estime à plus de 170 les aliments pouvant engendrer une allergie alimentaire dont le mécanisme relève d'une hypersensibilité médiée par les IgE spécifiques. Cependant certaines demeurent plus fréquentes que d'autres : ainsi chez l'enfant les allergies alimentaires couramment constatées concernent le lait (sans oublier le lait de brebis et de chèvre à l'origine d'anaphylaxie particulièrement sévère chez des patients tolérant le lait de vache), les œufs, le blé, l'arachide et les fruits à coques. Chez l'adulte en raison de la diversification alimentaire les allergies demeurent beaucoup plus variées et certaines d'entre elles sont secondaires à une allergie pollinique et constituent le vaste domaine des allergies croisées. Certains procédés industriels entraînent la formation de « néo allergènes » comme c'est le cas des isolats de blé ingrédient masqué entrant dans la constitution de plats préparés comme certaines escalopes cordon bleues ou de viandes restituées. Enfin, la communauté allergologique se doit d'être vigilante car elle peut constater l'émergence de nouvelle allergie alimentaire comme c'est le cas singulier de l'allergie à l'alpha galactose, sucre complexe contenu dans les viandes de mammifères non primates dont la sensibilisation initiale est induite par les morsures de tiques.

Les manifestations cliniques les plus facilement identifiables sont celles dues à une hypersensibilité immédiate c'est dire se déclenchant en quelques minutes à 2 heures après ingestion de l'aliment en cause avec des symptômes allant du simple œdème des lèvres (« syndrome oral » lors de l'ingestion de certains fruits ou légumes chez des patients souffrant d'allergie pollinique) à l'anaphylaxie tableau généralisé le plus grave et pouvant être létal (la

¹ Institut Régional des Pathologies Allergologiques, Environnementales et Immunologie Clinique (IRPAEIC) CHR de Metz-Thionville.

sévérité étant graduée selon l'association de symptômes affectant au moins deux organes avec urticaire et angiooedème, asthme, vomissements et/ou diarrhée, chute plus ou moins importante de la tension artérielle). Le terme de « choc anaphylactique » ne devrait plus être désormais employé. L'anaphylaxie nécessite alors l'usage sans délai de l'adrénaline.

Des tableaux cliniques particuliers et singuliers doivent être connus : c'est le cas de l'anaphylaxie alimentaire induite par l'effort le plus souvent due à une protéine spécifique du gluten (oméga 5 gliadine). Il convient de citer l'œsophagite à éosinophiles et le syndrome d'entérocolite induite par les protéines alimentaires (chez le nourrisson le lait est fréquemment en cause alors que chez l'adulte c'est les fruits de mer qui peuvent être impliqués).

La prise en charge des allergies alimentaires repose principalement sur l'éviction de l'aliment identifié après un bilan allergologique. Des procédures d'induction de tolérance par immunothérapie afin d'obtenir dans le meilleur des cas une guérison peuvent être proposées. La prévention des allergies alimentaires doit prendre en compte les facteurs de risque qui commencent à être identifiés : prédisposition génétique, modification du microbiote intestinal après antibiothérapie maternelle lors de l'accouchement ou au décours d'une césarienne, hygiène excessive. A contrario, le risque diminue avec l'allaitement prolongé, l'introduction précoce d'aliment à risque comme l'arachide, un environnement « rural » ou exposant à des agents microbiens ou mycosiques (endotoxines).

Références

- (1) DU TOIT G, SAMPSON HA, PLAUT M *et al.*, 2018. – Food allergy : update on prevention and tolerance. *J Allergy Clin Immunol*; **141**:30-40.
- (2) GRABENHENRICH LB, DÖLLE S, MONERET-VAUTRIN DA *et al.*, 2016. – Anaphylaxis in children and adolescents. The European Anaphylaxis Registry. *J Allergy Clin Immunol*; **137**:1128-37.
- (3) JUST J, DESCHILDRE A, BEAUDOUIN E., 2017. – Allergies Alimentaires. Elsevier Masson, Paris. 301 p.
- (4) MOORE LE, STEWART PH, DESHAZO RD., 2017. – Food allergy : what we know now. *Am J Med Sci*; **353**:353-66.
- (5) SICHERER SH, SAMPSON HA., 2014. – Food allergy : epidemiology, pathogenesis, diagnosis and treatment. *J Allergy Clin Immunol*; **133**:291-307.

ENTRE POLLEN ET ALIMENT : À LA CROISÉE DES SENSIBILISATIONS ALLERGIQUES

par Pascal **PONCET**¹

Les allergies respiratoires touchent 25 à 30% de la population. Parmi les sources allergéniques incriminées on trouve, en intérieur, les acariens, les poils d'animaux, les moisissures.... et, à l'extérieur, les grains de pollen.

Les grains de pollen disséminés par le vent vont être inhalés et pouvoir sensibiliser, par des mécanismes que l'on comprend de mieux en mieux, les individus génétiquement prédisposés et induire ainsi des réactions allergiques.

Les responsables de l'allergie sont en général certaines des protéines qui composent les grains de pollen. De nombreuses protéines allergéniques de pollen sont connues, répertoriées dans des banques de données et classées en famille. Ces familles de protéines sont retrouvées dans toutes les plantes y compris dans les parties consommables.

L'allergologue reçoit un patient pollinique qui se plaint de symptômes à la saison des pollens avec écoulement du nez (rhinite), écoulement des yeux (conjonctivite), salves d'éternuement, œdème, gêne respiratoire voire crise asthme. Le médecin conclut à une pollinose (allergie au pollen) et pratique des tests spécifiques pour confirmer et préciser le type de pollen et éventuellement les allergènes moléculaires impliqués. Cependant le patient persiste et déclare qu'en plus, il lui est difficile sinon impossible, de manger une pomme (ou autre fruit) car des symptômes au niveau de la bouche apparaissent tel que picotements, gonflement des lèvres et parfois une gêne respiratoire. Quand de nombreux cas de ce type sont référencés les médecins décrivent alors des syndromes associés pollen/aliments et s'adressent à leurs collègues chercheurs pour préciser les allergènes incriminés. Une douzaine de syndromes associés sont maintenant décrits. L'un des mieux étudiés concerne le pollen de bouleau et la pomme mais aussi le pollen de cyprès et la pêche. D'autres pollens sont aussi impliqués tels que les pollens de graminées, d'armoise, d'ambroisie ou de platane et du côté des aliments : des fruits, des épices et des légumes. Certaines protéines communes entre pollen et aliments ont ainsi été décrites, des protéines liées à la pathogenèse des plantes, des protéines de transfert lipidique, souvent impliquées dans la résistance des plantes aux agressions, des profilines etc ... et il est probable que d'autres protéines seront mises en évidence dans les prochaines années.

Les cliniciens observent que ces syndromes croisés pollen/aliment sont de plus en plus fréquents aussi bien chez l'adulte, se déclarant tardivement, que précocement, chez l'enfant. Les causes sont probablement à rechercher au niveau des habitudes alimentaires, de l'environnement et/ou la qualité de l'air extérieur auxquels sont soumis les pollens et les aliments.

¹ Chargé de recherche Institut Pasteur.

IMPACT DES MODIFICATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LE POTENTIEL ALLERGISANT DES PLANTES

Hélène **SÉNÉCHAL**¹

La pollution atmosphérique liée aux particules et autres polluants gazeux serait responsable d'environ 67 000 décès en France chaque année. Cette pollution a un impact sur les risques cardiovasculaires et leur répercussion au niveau cérébral, sur la reproduction, sur l'autisme et sur les pathologies respiratoires dont les allergies.

Des changements dans les modes de vie et l'environnement sont responsables du développement des allergies constaté dans les pays développés. On détecte dans l'environnement urbain et en particulier dans l'atmosphère qu'on y respire la présence accrue de polluants gazeux comme l'ozone (O₃), les dioxydes d'azote (NO₂), de carbone (CO₂) et de soufre (SO₂), ainsi que les particules fines. Dans l'air ambiant intérieur, des dérivés du tabac, des produits ménagers et certains matériaux de construction sont des polluants dont l'impact sur l'allergie est trop souvent sous-estimé. Certains de ces composés, classés comme des perturbateurs endocriniens, peuvent se retrouver comme contaminants dans les aliments. Tous ces polluants ont un impact direct ou indirect sur l'incidence et/ou la sévérité des allergies.

À la fin des années 1980, des études japonaises ont montré que des personnes vivant à proximité de cyprès, un arbre au pollen très allergisant, étaient d'autant plus touchées par des allergies respiratoires qu'elles habitaient en zone urbaine plutôt que rurale. On constate d'autre part que les jours de pics de pollution coïncident avec une recrudescence de visites aux urgences des hôpitaux pour crise d'asthme.

Indirectement, par l'augmentation des gaz à effet de serre, l'élévation globale de température, due en grande partie à l'activité humaine, entraîne une augmentation de la quantité de grains de pollen émis, ainsi que l'accroissement de la durée de pollinisation affectant plus et plus longtemps les patients polliniques. Elle a aussi pour conséquence une modification de la distribution des espèces végétales, avec une remontée de certaines espèces méditerranéennes vers le nord européen (chêne, cyprès,...), entraînant ainsi l'exposition et la sensibilisation allergique de nouvelles populations. Des plantes telle que l'ambrosie, au fort pouvoir allergisant, n'échappent pas à cette tendance générant ainsi un impact non seulement sanitaire mais aussi financier et agricole dû à son aptitude à se développer préférentiellement sur des terrains ouverts.

Outre ces effets sur la pollinisation et la distribution des espèces, la pollution atmosphérique agit sur le grain de pollen lui-même qui est un bon transporteur de particules polluantes jouant, chez l'individu prédisposé, un rôle d'adjuvant de la réponse inflammatoire et immunitaire. Elle induit non seulement des dépôts sur les grains de pollen mais peut aussi provoquer des fractures et des éclatements qui permettent de libérer dans l'atmosphère des sous fragments contenant des allergènes, ayant la faculté de pénétrer plus profondément dans l'arbre bronchique.

¹ Chargée de recherche INSERM/AP-HP.

Enfin de nombreuses études montrent un impact sur les molécules allergéniques elles-mêmes telle qu'une augmentation quantitative d'allergène majeur ou des modifications chimiques augmentant le potentiel allergénique des protéines.

La pollution atmosphérique n'est pas allergénique en soit mais elle constitue un co-facteur adjuvant s'adressant aux cellules et molécules de l'immunité innée de l'individu augmentant ainsi le niveau d'activation et d'inflammation qui va favoriser la sensibilisation allergique de l'individu.

SYNTHÈSE DE LA SÉANCE IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LE DÉVELOPPEMENT DES ALLERGIES ALIMENTAIRES

par Jean-Michel **WAL**¹

Cette séance a permis d'illustrer la complexité des mécanismes de l'allergie alimentaire et la multiplicité des facteurs qui interagissent pour en accélérer le développement, en premier lieu ceux associés à notre environnement et aux changements que les activités humaines lui font subir. Chacune des interventions a rappelé, à la fois, les connaissances de base qui marquent la spécificité de l'allergie alimentaire et présenté les découvertes les plus récentes sur le sujet.

Étienne Beaudouin a rappelé les diverses pathologies souvent confondues sous l'appellation d'allergie alimentaire et montré la singularité de l'allergie alimentaire IgE dépendante qui associe un terrain génétique prédisposé, un aliment ou une source allergénique et des conditions environnementales. Cette conjonction permet seule la sensibilisation, silencieuse, puis lors d'un contact ultérieur, la réaction allergique avec son cortège de manifestations cliniques plus ou moins sévères. Les données épidémiologiques sont peu nombreuses et surtout très hétérogènes selon les critères envisagés pour le diagnostic. Celles reposant sur des méthodes objectives et précises font état d'une prévalence d'environ 3-4 % chez les adultes, 8% chez les enfants et 10% chez les nourrissons. Cette prévalence est en progression, surtout pour les formes sévères d'anaphylaxie alimentaire.

Les données du Réseau Français d'Allergo Vigilance montrent que 3 familles d'allergènes (lait, fruits à coques et légumineuses) sont responsables de plus de 70% des allergies alimentaires chez l'enfant et que 7 familles sont responsables de la moitié des allergies alimentaires chez l'adulte. Les allergènes les plus communs sont d'ailleurs soumis à un étiquetage obligatoire.

Les allergènes sont le plus souvent des protéines et il est à noter que les homologies de structure pouvant exister entre les familles de protéines présentes dans les aliments d'origine végétale et dans les pollens expliquent les allergies croisées entre aliments et pollens. Les allergies respiratoires aux pollens ouvrent souvent la voie à des allergies alimentaires associées ultérieures. Le rôle des traitements technologiques a été évoqué ainsi que l'apparition de nouveaux allergènes non protéiques comme l'alpha galactose pouvant être présent dans les viandes bovines, porcines et ovines.

Étienne Beaudouin a détaillé les facteurs de risque puis a enfin rappelé les données récentes montrant l'impact de l'exposition cutanée vs digestive sur le développement de l'allergie ou de la

¹ Membre de l'Académie d'agriculture de France, Chargé de mission INRA.

tolérance alimentaire ainsi que le rôle d'une introduction précoce d'arachide pour la prévention du développement d'une allergie avant de conclure sur le coût économique et sociétal des allergies alimentaires.

Après cette présentation générale, Pascal Poncet a développé les phénomènes et mécanismes de sensibilisations croisées aux pollens et aux aliments. Au-delà des observations de la clinique courante, il a montré l'apport des nouvelles techniques de séparation, de purification et d'analyse biochimiques et immunochimiques des allergènes dans la caractérisation moléculaire des protéines et des structures responsables de l'allergie, qu'il a illustré sur plusieurs exemples. Ces études systématiques ont permis d'identifier et de classer les allergènes en 7 familles selon leur structure, leur fonction et les syndromes qu'ils provoquent. Là encore plusieurs exemples ont été développés comme le syndrome pomme-bouleau et les caractéristiques de familles importantes d'allergènes des aliments comme des pollens ont été analysées. Enfin Pascal Poncet a présenté des résultats de ses recherches récentes sur les allergies croisées au pollen de cyprès et montré l'implication d'une famille spécifique d'allergènes, les GRP ou *giberellin regulated protein* et comprenant notamment des allergènes de pêche et d'orange, responsables des syndromes d'allergie croisée pollen de cyprès-pêche et pollen de cyprès-agrumes. Ces syndromes de plus en plus fréquents sont notamment attribués aux habitudes alimentaires ainsi qu'à la qualité de l'air pouvant véhiculer des adjuvants de la réaction allergique.

La 3^{ème} présentation, d'Hélène Sénéchal, était consacrée au thème de l'impact des modifications de l'environnement (notamment dues à l'activité humaine) sur le potentiel allergisant des plantes. H. Sénéchal a rappelé que les allergies sont le résultat d'interactions entre la génétique de l'individu prédisposé, son statut physiologique, les voies et doses d'exposition aux allergènes spécifiques auxquels il est soumis et les conditions environnementales. Elle a ensuite détaillé l'effet des différentes pollutions sur la réactivité allergique puis envisagé les effets du réchauffement climatique. Ceux-ci se manifestent à plusieurs niveaux : la distribution des espèces, la durée de pollinisation et la quantité de pollen émis. S'agissant d'espèces allergisantes tous ces phénomènes concourent à une augmentation de la population exposée et à une augmentation de la durée et du niveau d'exposition et donc à une augmentation du risque allergique. Comme on l'a vu les risques d'allergie cutanée, respiratoire et alimentaire sont associés et corrélés. Par ailleurs Hélène Sénéchal a montré que la pollution peut modifier la structure physique des pollens (cassures, éclatement, fissures, ...), provoquer la production de particules et que les fragments formés contiennent des allergènes disponibles. Ceux-ci sont également souvent associés à des polluants/contaminants présents dans l'air et provenant du trafic routier qui ont un effet adjuvant, augmentant ainsi la réactivité et leur potentiel sensibilisant. L'impact des polluants peut s'exercer sur les molécules d'allergènes eux-mêmes en modifiant leur structure, en les transformant en des espèces chimiques différentes et/ou en induisant des modifications post traductionnelles. H. Sénéchal présente des immunoempreintes réalisées dans son laboratoire qui montrent que toutes ces modifications se répercutent sur la liaison des IgE spécifiques de sérums de patients allergiques. Enfin la présence de polluants comme les perturbateurs endocriniens peut, parallèlement aux effets globaux sur la santé, avoir un impact spécifique sur l'allergie comme des études semblent le montrer.

Ainsi donc les modifications de l'environnement liées à la pollution comme au réchauffement climatique enclenchent une série de réactions, physiques et chimiques qui concourent à une augmentation de la durée et du taux d'exposition à des pollens déstructurés, plus persistants et plus réactifs, associés à des adjuvants ainsi qu'à des molécules d'allergènes modifiées voire nouvelles, tout ceci ayant un impact sur la réaction immunitaire, l'inflammation et l'allergie.

LA CRISE DU CLIMAT, LE GIEC ET LES AGRICULTEURS

Séance organisée par Wolfgang **CRAMER** et Nathalie **DE NOBLET-DUCOUDRÉ**

Le réchauffement climatique récent et son attribution aux activités humaines ne sont plus questionnés. Les sciences du climat sont sous les feux de la rampe depuis une trentaine d'années ; la synthèse des connaissances et leur transmission vers un public éclairé et décideur sont rythmées par la sortie des rapports du GIEC. Les projections climatiques, fonctions de divers scénarios socio-économiques, sont régulièrement produites par les climatologues. Utilisées par les scientifiques de diverses disciplines, elles permettent d'anticiper les conséquences des activités humaines sur une grande diversité de ressources (e.g. écosystèmes naturels et gérés, ressources en eau, biodiversité, ...).

Les communautés scientifiques réunies autour des rapports du GIEC proposent également l'examen de solutions permettant de réduire significativement le réchauffement climatique, afin de le limiter en deçà des 1,5°C. A l'heure actuelle, les politiques climatiques du monde entier, y compris celle de la France, sont loin des objectifs fixés par l'Accord de Paris en 2015, impliquant des risques importants notamment pour la France qui va devoir faire face à une augmentation des événements extrêmes (e.g. canicules, sécheresses, hausse du niveau des mers, acidification de la mer). En Août 2019, le GIEC publiera un nouveau rapport spécial centré sur les liens entre le climat, la désertification, la dégradation des terres, la sécurité alimentaire, et les flux de gaz à effet de serre émis par les surfaces terrestres.

Cette séance propose tout d'abord une présentation de l'état actuel de notre climat en 2019, son évolution passée et ses diverses trajectoires futures possibles. Nous présentons ensuite une information sur les mécanismes en jeu lors de la rédaction et approbation des rapports du GIEC, pour éclairer notre public sur le travail conséquent de synthèse scientifique qu'il y a derrière. Nous nous pencherons sur les risques que ces diverses trajectoires font peser sur le secteur agricole français, impacté par le climat en métropole mais également par les conséquences des changements à l'échelle du globe. Finalement, la question sur la stabilisation du climat et les implications d'un monde « zéro carbone » pour la société et les différents secteurs économiques sera présenté sous la lumière du rapport récent du GIEC sur les 1.5°C.

CHANGEMENT CLIMATIQUE : ÉVALUATION DES CONNAISSANCES, ÉTAT DES LIEUX ET PROJECTIONS POUR L'AVENIR

par Valérie **MASSON-DELMOTTE**¹

Cette présentation introduira brièvement l'histoire des sciences du climat et les méthodes permettant d'observer, comprendre les processus et modéliser les évolutions passées, présente et futures du climat. Avec plus de 20 000 publications scientifiques chaque année dans le monde sur le thème du changement climatique, elle soulignera l'importance d'efforts collectifs pour évaluer régulièrement l'état des connaissances à partir de l'analyse critique des publications scientifiques, et présentera la manière dont le Groupe international d'experts sur l'évolution du climat, le GIEC construit ses rapports d'évaluation, et l'importance des processus de relecture pour la rigueur, l'objectivité et l'exhaustivité de cette évaluation. L'état des lieux le plus récent vis-à-vis du changement climatique en cours et de ses causes sera présenté. Cette présentation introduira également les méthodes permettant d'évaluer la pertinence des modèles de climat. Les projections d'évolution future du climat sont réalisées en comparant systématiquement tous les modèles de climat développés dans le monde, en réponse à différents scénarios socio-économiques permettant d'une part d'estimer les perturbations anthropiques futures, et donc la réponse du climat à ces perturbations, mais aussi l'évolution des risques climatiques, résultant des interactions entre aléas climatiques futurs, et effets de différents choix de développement socio-économique sur l'évolution des expositions et vulnérabilités.

Pour en savoir plus :

- Le GIEC, www.ipcc.ch
- 30 ans d'histoire du GIEC, la Météorologie, J. Jouzel, M. Petit, V. Masson-Delmotte, février 2018
- Traduction citoyenne du résumé pour décideurs du rapport spécial du GIEC sur 1,5°C : https://fr.wikisource.org/wiki/Rapport_du_GIEC:_R%C3%A9chauffement_climatique_de_1,5%C2%B0C
- Le climat en questions : <http://www.climat-en-questions.fr/>
- Parlons climat en 30 questions, V. Masson-Delmotte, C. Cassou, La documentation française, 2015

¹ Directrice de Recherche au LSCE (CEA-CNRS-UVSQ/IPSL), Université Paris Saclay ; Co-chair du WGI du GIEC.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET L'AGRICULTURE : ÉVIDENCES PASSÉES ET RISQUES A VENIR POUR LA FILIÈRE AGRICOLE EN FRANCE

par Jean-François **SOUSSANA**¹

La France a connu un réchauffement supérieur à 1°C depuis 1900, qui se traduit dans l'agriculture par une avancée des dates de récoltes, de semis et de vendanges. La variabilité importante qui l'accompagne a de nombreux impacts sur l'agriculture. Le continent européen a été confronté à une décennie d'extrêmes climatiques avec d'importantes sécheresses parfois accompagnées de canicules en 2003, 2004, 2005, 2007, et 2010. En 2003 la France et les pays voisins jusqu'en Europe centrale ont subi la perte de 20 à 30 % des récoltes et un déstockage de carbone de l'ordre de 0,5 gigatonne sur les écosystèmes, les forêts et les sols. La vague de chaleur qui s'est abattue sur l'ouest de la Russie en 2010 a causé des dommages considérables à l'agriculture et à la forêt. En 2011 nous avons connu le printemps le plus chaud et le plus sec depuis 1880, avec des dégâts estimés entre 700 et 800 millions d'euros, soit une baisse de 23 % du revenu agricole au cours de la saison. Un tiers seulement des exploitants agricoles étant assuré, cet épisode a entraîné de graves problèmes économiques. Plus récemment encore en 2016 la production de céréales a reculé de 20% par rapport à 2015. On estime, au niveau mondial, que le changement climatique entre 1980 et 2010 a causé une perte de 5,5 % de la production de blé et 3,8 % de la production de maïs. Nous enregistrons donc déjà un effet du changement climatique sur les rendements, bien que le progrès génétique du blé se poursuive au même rythme.

D'ici à la fin du siècle, nous connaissons une augmentation de la fréquence et de l'intensité des canicules et des sécheresses, essentiellement en Europe du sud, ce qui englobe une grande partie de la France. De plus, les risques de fortes précipitations seront accrus dans la plus grande part de l'Europe. Quelles en seront les incidences sur les cultures ? Des travaux de modélisation laissent entrevoir des pertes de production en 2030 pour une partie de l'Europe qui, en l'absence d'adaptation, pourraient atteindre 20 % dans certaines régions. L'adaptation permettrait sans doute de remonter la pente, voire d'obtenir des augmentations de production, mais il convient d'en souligner les limites, du fait de l'impossibilité de semer en hiver sur des sols trop engorgés, de la faible productivité des variétés résistantes à la sécheresse et de la réduction de la quantité d'eau disponible pour l'irrigation. Enfin, nous nous attendons à un développement accru des bioagresseurs, en particulier de ceux dont les vecteurs sont des arthropodes, maladies à virus et phytoplasmes, par exemple, et des infections fongiques hivernales.

Les grandes cultures céréalières ne sont bien sûr pas les seules touchées. L'évolution climatique continuera à avoir des effets sur la qualité du vin : les baies de raisin contiendront plus de sucre et moins d'acides organiques. Les zones viticoles sont amenées à se déplacer. L'adaptation de la vigne requerra de nouvelles pratiques de taille, des recherches en œnologie, le recours à

¹ Vice-Président de l'INRA en charge de la Politique Internationale ; auteur du rapport spécial du GIEC « Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems ».

l'irrigation et des changements de cépage – mais l'exploitation de ces deux dernières ressources se heurtera aux dispositions régissant les appellations d'origine contrôlée.

S'agissant de l'élevage, nous observons que les animaux très productifs sont plus sensibles à la chaleur que les autres. Des mesures réalisées aux Pays-Bas montrent les effets négatifs d'une température supérieure à 18° sur la production laitière et des travaux français font de même pour les porcs en finition soumis à une température dépassant 21°. En ce qui concerne les prairies, nous assisterons à une augmentation de la production en hiver et au début du printemps, mais à des risques accrus de pertes en été. Des changements de flore sont vraisemblables avec des conséquences possibles sur l'émergence de maladies.

STABILISER LE CLIMAT, C'EST FAISABLE ?

par Henri **WAISMAN**¹

L'évaluation de la littérature scientifique menée par le GIEC permet de caractériser les opportunités et obstacles à surmonter pour rendre possible une transition compatible avec la stabilisation du climat « bien en dessous de 2°C ». Il ne s'agit ainsi pas de répondre de façon univoque par « oui » ou « non » à la question de faisabilité, mais d'informer la prise de décision en analysant les conditions à remplir pour rendre la transition possible et désirable du point de vue social et économique. L'analyse montre que, si l'objectif climatique encore atteignable du point de vue géophysique, il va nécessiter des changements rapides et de grande ampleur dans l'ensemble des systèmes humains et que ces changements devront être pensés de façon cohérente avec l'ensemble des objectifs de développement durable. Pour maximiser les synergies entre objectifs, il s'agira de mener une action rapide, collective, coopérative et articulée au sein de stratégies bien pensées dans chaque contexte.

Le système d'usage des sols est au cœur de cette problématique, avec de possibles compétitions entre usages des sols pour l'agriculture, la production d'énergie et les émissions négatives. L'évolution des pratiques agricoles, la préservation des écosystèmes et les changements de demandes alimentaires sont des aspects fondamentaux à considérer pour aligner les objectifs climatiques avec les enjeux de production alimentaire et de préservation de la biodiversité.

¹ Chercheur à l'IDDRI ; auteur du rapport spécial du GIEC « Global Warming of 1.5°C » ; coordinateur du Deep Decarbonization Pathways Project (DDPP).

SYSTÈMES DE PRODUCTION DE VOLAILLES, UN NOUVEL ENVOL

Séance organisée par Michel **DUCLOS**, Yves de **LA FOUCHARDIÈRE**
et Pascale **MAGDELEINE**

L'image des volailles a considérablement évolué dans le temps, avec une certaine dégradation depuis le début du 20^{ème} siècle marqué par la rationalisation des modes de production. Les produits de volailles, œufs et viandes, sont l'objet d'une demande soutenue en France et croissante au niveau mondial. On assiste en particulier au développement d'une consommation sous forme de produits transformés, issus de modes d'élevage de plus en plus standardisés et industrialisés. Le dynamisme de la demande française en viande de poulet, couplée à un déficit de compétitivité, se traduit par un développement des importations (à hauteur de 40 % de la consommation française).

Dans le même temps, une partie des citoyens des pays occidentaux rejette les systèmes de production intensifs. En Europe du Nord se développe une consommation de « poulet bien-être », et en France, la demande de produits alternatifs reste importante pour les viandes, et est en croissance pour les œufs et ovo-produits.

La production française peut-elle simultanément répondre à des attentes apparemment antagonistes de produits conventionnels fournis à des prix compétitifs et de produits alternatifs intégrant les nouvelles attentes sociétales ?

LA FILIÈRE AVICOLE FRANÇAISE FACE À UNE COMPÉTITION ACCRUE SUR LE MARCHÉ EUROPÉEN ET MONDIAL ET À DES ATTENTES SOCIÉTALES CROISSANTES.

par Pascale **MAGDELAINE**¹

La volaille est aujourd'hui la 1^{ère} viande produite et consommée dans le Monde avec 124 millions tonnes en 2018, et les perspectives de croissance restent fortes pour les dix ans à venir. La production d'œufs (73 millions t) est également en croissance à l'échelle mondiale. Les échanges internationaux de viande de volaille représentent 11% de la production mondiale, ils ont doublé en 10 ans et sont constitués essentiellement de découpes de poulet, pour lesquels la compétitivité prix reste déterminante. Les exportations sont assez fortement concentrées entre les mains de grands pays exportations (Brésil, USA) mais de nouveaux acteurs émergent (Ukraine,

¹ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, section10, avec l'appui du Service Économie de l'Itavi.

Turquie, Russie). Sur les dernières années la croissance du commerce mondial a ralenti en lien avec différents éléments : épisodes d'Influenza Aviaire aux USA, en Europe en Afrique du sud, en Russie et en Chine... impactant l'offre dans les pays touchés et générant des fermetures de marché importateurs ; volatilité accrue des prix des matières premières pour l'alimentation animale ; crise sanitaire brésilienne et développement de la production locale dans certains pays importateurs (Russie, Arabie S). Les perspectives de croissance des échanges internationaux sont ainsi limitées malgré la hausse de la consommation attendue en Asie, en lien avec la persistance du risque IA et le développement de comportements protectionnistes. Les échanges internationaux d'œufs et ovoproduits sont plus faibles et représentent à peine 2% de la production mondiale.

La production européenne de volailles (14.5 MT en 2018) pèse à peine 12% de la production mondiale. Elle reste dynamique grâce à une forte croissance de la production à l'Est de l'Europe, notamment en Pologne qui a plus que doublé sa production en 10 ans. Dans un contexte de concurrence internationale forte, l'Union européenne souffre d'un déficit de compétitivité prix par rapport à ses principaux concurrents. Sa place dans le commerce international est en recul et l'UE affiche un léger déficit de ses échanges extérieurs en valeur (-508 millions € en 2018) malgré un léger excédent en volume. La consommation européenne demeure en légère croissance avec 27.7 kg/personne en moyenne en 2018. Cependant la consommation est plus dynamique à l'Est (+31 % de 2010 à 2018) que dans l'UE à 15 (+12.7 %), où de nouvelles attentes sociétales (environnement, bien-être animal, santé, proximité et refus de systèmes de production « industriels » ...), favorisent une tendance à la déconsommation de viande, une montée du végétarisme et du flexitarisme. Bien que la volaille fasse exception à cette tendance de déconsommation grâce à un positionnement prix favorable, le dynamisme de la consommation est plus faible que par le passé. La filière œuf européenne (7.2 millions tonnes) est une bonne illustration de l'impact des nouvelles attentes sociétales sur les systèmes de production, avec un fort déclin de la production d'œufs en cage (92% de la production UE en 1996 versus 54 % aujourd'hui). En volailles de chair, ces attentes sociétales se traduisent par le développement de poulets « standard + » (densités et vitesse de croissance plus faibles, parfois accès à des jardins d'hiver), mais sous contrainte économique forte, le prix restant important pour de nombreux consommateurs.

La filière française face à un double défi

La production française de volailles, stabilisée depuis une dizaine d'années, est très diversifiée tant en termes d'espèces que de systèmes de production, avec un poids des productions différenciées (LR, Bio et CCP) atteignant 25% des abattages de volailles. 42 % des œufs sont produits hors systèmes cages (34 % en plein air). La filière française de la volaille de chair souffre cependant d'un déficit de compétitivité non seulement vis-à-vis des pays tiers mais également en intra UE. La part de la consommation importée ne cesse de progresser et atteint 34 % en 2018 (43 % en viande de poulet). Alors qu'elle affichait un solde exportateur de plus d'un milliard € en 2000, la France est devenue déficitaire nette en viandes de volailles en volume et en valeur depuis 2016. Elle est proche de l'autosuffisance en œufs.

Si la consommation française de volailles reste globalement orientée à la hausse, elle est tirée par les produits transformés et la restauration hors domicile (RHD) qui sont les segments absorbant le plus de produits importés. La filière doit ainsi répondre à deux demandes contrastées : des produits de plus en plus transformés fabriqués à partir de volailles « standard », répondant à des attentes de praticité et de prix, et des produits différenciés répondant aux attentes de bien-être animal, naturalité et proximité. Si les Signes officiels d'Identification de la Qualité et de l'Origine (SIQO) répondent en partie à ces dernières attentes, on assiste également à une multiplication de cahiers des charges privés portés par des industriels ou des distributeurs (lumière naturelle, tailles élevage limitées, densités d'élevage plus faibles, sans ATB, sans OGM...). Cette forte

Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

segmentation de l'offre ne favorise pas sa lisibilité et renforce les enjeux autour de l'étiquetage (origine, modes d'élevage) y compris pour les produits transformés et la RHD.

Références bibliographiques

- (1) CHATELLIER V, MAGDELAINE P, TREGARO Y, 2015. – La compétitivité de la filière volaille de chair française : entre doutes et espoirs. INRA Productions Animales, **28** (5), 411-428.
- (2) Malher X, Magdelaine P, Duclos M, 2018. – Diversité et résilience dans les filières avicoles. Innovations Agronomiques, **68**, 107-127.
- (3) Notes de conjoncture : Situation du marché des volailles de chair, Situation du marché des œufs et ovoproduits, ITAVI, Mars 2019.
- (4) New Global Poultry Trade Reality, Rabobank, Octobre 2018

HISTOIRE ET CONSÉQUENCES DE LA CONCENTRATION DE LA SÉLECTION AVICOLE DANS LE MONDE

par Louis **PERRAULT**¹

La sélection avicole (*Gallus gallus*) a débuté dans les années 50, dans différentes régions du monde, principalement en Amérique du Nord et en Europe.

Aux USA, Peterson, Vantress, Cobb, Hubbard, Pilch and Arbor Acres voient le jour dans ces années-là et deviennent des marques de référence.

En France, la création du SNAA (Syndicat National des Aviculteurs Agréés) qui deviendra le SYSAF (Syndicat des Sélectionneurs avicoles Français) puis le SYSAAF (intégration des entreprises Aquacoles) regroupait à ses débuts des pionniers qui seront les premiers sélectionneurs Français. En lien étroit avec l'INRA du Magneraud, ils créent les bases de la sélection d'aujourd'hui. Ils sont 16 membres fondateurs dont 4 femmes (Réf Paul Stevens INRA)

En 1976, l'institut Mérieux investit dans l'aviculture en créant l'Institut de Sélection Animale. L'ISA va acquérir les pondeuses de Studler, les souches males développées par le Magneraud et les femelles de deux sélectionneurs privés : Vecchio (standard) et Cardona (Label)

En 1978 : Création de SASSO avec les souches males de Serge Perrault.

Les deux principales raisons à la base des concentrations sont sanitaires et économiques.

Sanitaires :

- Dans les années 80, 90, la leucose aviaire va entraîner pour certains une opportunité de regroupement et pour d'autres une disparition.
- Beaucoup plus récemment, l'Influenza aviaire va avoir des conséquences principalement chez les deux entreprises de sélection française.

¹ Hendrix Genetics.

SYSTEMES DE PRODUCTION DE VOLAILLES, UN NOUVEL ENVOL
Séance du 19 juin 2019

Economiques :

- Les couts de recherche et développement deviennent tellement importants qu'ils obligent à concentrer les sélections pour en assurer leurs amortissements
- Les épizooties notifiables, avec les embargos qui en découlent, nécessitent d'avoir des réserves génétiques dans différents pays ou continents. Difficilement supportable pour des petites structures.

Conséquences :

La sélection génétique aviaire se retrouve principalement entre les mains de trois groupes :

- L'allemand Erich Wesjohann, un géant qui détient des marques puissantes : 4 en poulets de chair, 3 en pondeuses.
- L'américain Cobb en poulet de chair détenu par le groupe Tyson
- Le Hollandais Hendrix Genetics, présent en pondeuses et en volailles traditionnelles avec Sasso.

Faut-il s'en alerter ? oui et non.

Oui :

- La course effrénée de recherche de productivité des deux sélectionneurs de poulets de chair tend à considérer l'animal comme une source de protéines.
- L'offre mondiale globalisée poussée par les « fast food » change et nivelle les habitudes alimentaires de beaucoup de région du monde.

Non :

- En Europe du nord, les consommateurs demandant d'autres systèmes de production poussent les sélectionneurs à s'intéresser à des croissances plus lentes.
- Ailleurs dans le monde, des souches, développées localement, existent et peuvent demain être des réserves de génétiques diversifiés.

Références :

- ARCHORALES-INRA – CASSETTES DA T N° 72-1, 72-2, 72-3 ET 72-4 Paul Stevens.

UNE DÉMARCHE INTÉGRÉE DE RECHERCHES POUR RÉPONDRE À LA DIVERSITÉ DES ATTENTES EN MATIÈRE DE QUALITÉ DES PRODUITS ET DES MODES DE PRODUCTIONS DE VOLAILLE

par Cécile **BERRI**¹

Si la demande mondiale en produits avicoles (œuf et viande) ne cesse de croître, les modes d'élevage actuels ont une image qui se dégrade dans les pays développés, notamment européens. La sensibilité croissante des consommateurs à la condition animale, aux risques sanitaires et alimentaires et à l'impact environnemental des élevages conduit au rejet des modèles d'élevages intensifs. Dans le même temps, les systèmes alternatifs peinent à satisfaire la demande croissante en produits élaborés et transformés, dans un contexte économique difficile.

Les recherches en aviculture doivent donc aider au développement de systèmes d'élevage multi-performants, alliant compétitivité, efficacité environnementale et réponse aux attentes sociétales en termes de bien-être et santé des animaux et de qualité des produits. Elles portent en particulier sur les capacités d'adaptation et la résilience des animaux dans des systèmes d'élevage diversifiés et permettent de comprendre les mécanismes qui sous-tendent l'élaboration des caractères d'intérêt et les interactions entre fonctions. Elles visent à proposer des outils d'évaluation et des leviers d'amélioration contribuant à la transition vers des systèmes d'élevage plus durables et à une meilleure valorisation des produits avicoles.

Leur application s'appuie sur un partenariat avec les Instituts Techniques (ITAVI, SYSAAF, ITAB), les acteurs des filières et la société qui implique de prendre en compte des attentes multiples, et parfois contradictoires.

Cette démarche sera illustrée par des exemples de travaux en cours sur l'acclimatation embryonnaire des volailles à la chaleur, les effets de la sélection et l'alimentation sur la qualité des viandes, et l'usage de protéines alternatives au soja dans l'alimentation des volailles sur la durabilité.

¹ Directrice de recherche à l'INRA, UMR BOA (Biologie des Oiseaux et Aviculture), INRA Université de Tours.

CONCLUSION

par Yves **DE LA FOUCHARDIÈRE**¹

La volaille, nous l'avons vu cet après-midi, est donc devenue il y a 18 mois, en dépassant la production porcine, la première protéine animale consommée dans le monde.

Cela est dû à 3 aspects principaux :

- la diététique, propre à la viande de volaille
- l'absence de tabou religieux,
- et, nous dit-on, la facilité de production.

Tout cela est vrai et renforcé par le coût de revient de cette production qui a diminué de manière linéaire depuis 30 ans pour atteindre des prix au kg extrêmement faibles et totalement compétitifs. A une époque où le bilan carbone devient aussi un élément de choix pour les jeunes générations, la volaille se classe aussi largement en tête.

Alors finalement, quelles sont les limites à cette réussite insolente ?

Nous en voyons 4.

- La dépendance à un duopole de sélection.
Chaque semaine sont produits sur notre planète à peu près un milliard de poulets qui proviennent à environ 95 % de deux sélectionneurs : COBB, un américain et AVIAGEN, un allemand. En France 90 % du marché est approvisionné par AVIAGEN. Ce sont des entreprises remarquables qui ont su, au cours des années, absorber ou faire disparaître leurs concurrents, par la qualité de leur sélection, jugée sur la performance économique. Autrement dit, quelques généticiens, quelques programmes informatiques et quelques sites géographiques sont à l'origine de la production de 95 % des poulets dans le monde ! Jamais une production animale n'a concentré autant sa sélection au détriment de la biodiversité qui se réduit à des labels et à quelques spécialités locales. On peut aussi dire que nous assistons peut-être à la « microsoftisation » de l'aviculture mondiale avec les conséquences économiques que cela peut avoir et le risque du bug. C'est un état de fait et si les dirigeants des entreprises ne manifestent pas de volonté de domination, la concentration est là et peut devenir une menace.
- La dégradation de la qualité des viandes.
Trop souvent il est constaté partout dans le monde que l'accélération de la vitesse de croissance (GMQ) a pour conséquence une moindre qualité des viandes, voire dans certains cas des viandes non commercialisables en l'état, même si elles peuvent être transformées.

¹ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, Directeur des Fermiers de Loué.

Cette situation marginale a eu tendance à prendre de l'importance ces dernières années et semble indiquer à la profession que les limites physiologiques des poulets sont atteintes. La recherche saura sans doute adapter les itinéraires techniques, mais nous avons là un véritable avertissement.

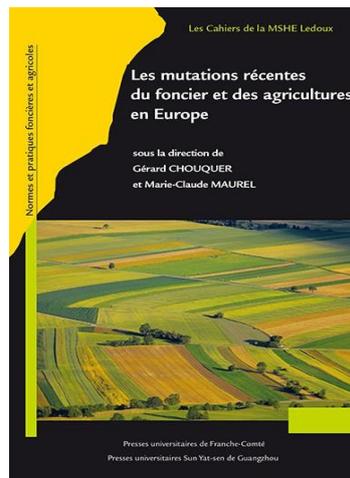
- La gestion des pathologies.
Nous l'avons vu pour la grippe aviaire, comme pour la peste porcine africaine actuellement, les épisodes sanitaires sont désormais de très grandes ampleurs et à l'échelle mondiale. La filière avicole a fait l'objet de difficultés sérieuses ces dernières années dans différentes régions du monde avec l'influenza aviaire et nous devons nous interroger sur ces phénomènes forts, récurrents et très coûteux. Si dans un premier temps nous avons regardé du côté des oiseaux migrateurs et trouvé parfois la réponse aux contaminations des animaux domestiques, force est de constater que nous assistons peut-être aussi à la conséquence de la mondialisation des échanges et que plus qu'un vol de grue sauvage le hub de Roissy ou les containers du Havre peuvent s'avérer être de redoutables plateformes de dissémination. La densification des élevages sur des zones géographiques de plus en plus spécialisées ne facilite pas la gestion de telles crises. Dans ce domaine, il faut espérer que les laboratoires sauront accompagner les enjeux du futur en développant des solutions vaccinales chaque fois que cela sera possible.

- La préoccupation montante du Bien Être Animal.
Les antispécistes et/ou les welfaristes concentrent leurs actions depuis quelques années sur la filière avicole. Elle est, avec la production porcine, celle qui a le plus de difficulté à montrer ce qu'elle fait. Il y a 10 ans, qui aurait parié sur l'arrêt définitif de la poule pondeuse en cage avant la fin des années 20 ? Ce sera probablement le cas. La puissance de ces lobbies, l'émotion que génèrent leurs vidéos, vont inévitablement avoir des conséquences sur nos modes de production en volailles de chair. Il faudra donc savoir trouver le chemin de l'acceptable et du montrable. La coopération avec les ONG est inévitable et souhaitable. Ce qui a mis 15 ans pour les œufs mettra moins de temps pour les autres productions. Attention quand même, il faudra que les pouvoirs politiques soient à la hauteur de la situation en ne laissant pas entrer sur le territoire des productions moins disantes dans ce domaine. Ce serait dramatique de perdre nos systèmes d'élevage, soit en s'entêtant dans des modèles trop intensifs mais aussi en laissant l'import entrer sans contrainte.

Car il ne faut pas oublier que si la France a su développer des productions très diversifiées et de qualité comme le Label Rouge et le Biologique, elle a perdu en grande partie sa capacité d'exportation et pire encore, aujourd'hui elle importe 40 % de sa consommation de poulet ! Les productions importées sont plus compétitives et nous l'avons dit plus haut, le prix en aviculture est le déterminant principal. La reconquête de ces volumes importés est un enjeu majeur pour notre agriculture, enjeu terriblement dépendant des décisions politiques (Brexit, Mercosur, Ukraine...). La filière avicole fait partie des filières non aidées par l'Europe ; elle a besoin en échange d'une politique loyale.

LES MUTATIONS RÉCENTES DU FONCIER ET DES AGRICULTURES EN EUROPE¹

par Gérard **CHOUQUER**² et Marie-Claude **MAUREL**³ (dirs.)



Jean-Paul CHARVET⁴. – Parmi ses nombreuses qualités cet ouvrage présente celle de poser une question qui se situe au cœur de notre actualité agricole : après que le paysan soit devenu agriculteur, puis d'agriculteur exploitant agricole, ce dernier est-il en passe de se définir bientôt comme prestataire de service en agriculture ? Afin de rendre compte de cette évolution du métier de producteur agricole en un peu plus d'un demi-siècle l'approche par le foncier qui a été retenue apparaît particulièrement performante.

Notre confrère Gérard CHOUQUER et notre consœur Marie-Claude MAUREL ont réuni sous leur direction les participations d'une quinzaine d'auteurs relevant de disciplines très différentes : politistes, juristes, agronomes, sociologues, historiens, géographes ... apportant chacun leur regard. Quatre d'entre eux -- Gilles BAZIN, Sophie DEVIENNE, Bertrand HERVIEU et Aurélie TROUVE – sont, comme eux, membres de notre Académie.

L'ouvrage présente dans une première partie plus factuelle les évolutions des politiques agricoles en Europe et s'interroge dans une seconde partie plus théorique sur les modèles d'exploitation agricole. Il comporte ainsi des analyses variées et approfondies, sur un thème d'actualité également abordé dans le n°17 de janvier 2019 de La Revue de l'Académie d'agriculture dans son dossier intitulé « Incertitudes actuelles sur la propriété foncière ».

¹ Presses universitaires de Franche-Comté et Presses universitaires Sun Yat-sen de Guangzhou (Canton), 2019, 294 p.

² Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France.

³ Membre de l'Académie d'agriculture de France.

⁴ Membre de l'Académie d'agriculture de France (section 10).

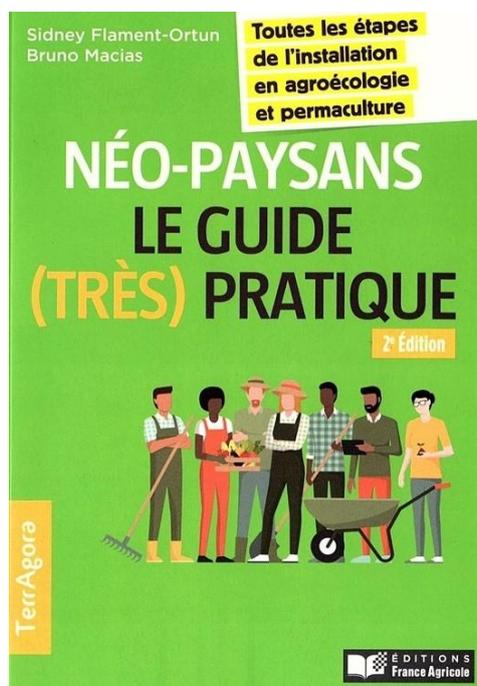
La diversité des régimes du foncier agricole, expression des différents héritages agraires qui continuent à coexister au sein de l'Union européenne – on peut difficilement faire du passé table rase --, est illustrée de façon détaillée. Les processus de réappropriation foncière que connaissent les campagnes de l'Europe centrale et orientale (chapitre 5) tout comme les mutations des agricultures méditerranéennes en relation avec leurs ressources foncières (chapitre 6) en apportent des preuves parmi d'autres. Cette diversité des situations pose d'ailleurs un problème majeur qui est devenu de plus en plus sensible avec les évolutions et les élargissements successifs de l'Union européenne. La Politique Agricole Commune, élaborée au départ par six pays de l'Europe du Nord-Ouest (Italie du Sud étant déjà à part) en s'inspirant largement du modèle « danois », c'est-à-dire de celui d'une exploitation familiale modernisée encadrée de puissantes coopératives, s'est trouvée confrontée à des réalités de plus en plus contrastées.

Dans ce contexte particulièrement complexe un des intérêts majeurs de l'ouvrage réside dans le fait de combiner approches théoriques et analyses précises portant sur la propriété foncière, les modèles d'exploitation agricole et leurs évolutions dans différents pays de l'Union européenne. Apparaissent toutefois certains points communs. Parmi eux le développement d'entreprises agricoles « de firme », que je préférerais personnellement plutôt appeler "entreprises de production agricole financiarisées », forme d'entreprise favorable à l'arrivée en agriculture de capitaux et d'investissements d'origine non agricole. L'introduction récente en France (en 2007) du système juridique de la « *fiducie* » -- système proche de celui des *trusts* anglo-saxons – en constitue une illustration. Il s'agit d'un nouvel outil dans lequel la propriété d'un bien foncier se trouve transférée – sous conditions d'usage précis et de durée – à un « fiduciaire » agissant au profit d'un bénéficiaire. Dans ce contexte l'entreprise de production agricole n'est plus possédée selon un mode patrimonial (passant d'une génération à une autre), mais selon des montages financiers portant sur des périodes plus ou moins longues. Il serait d'ailleurs intéressant d'analyser à titre de comparaison, comment évoluent aujourd'hui les « *corporate farms* » de l'Amérique du Nord ou comment fonctionnent, avec des hauts et des bas, les « *pooles de siembra* » de l'Argentine.

Tout en abordant de façon théorique et à partir d'exemples précis des questions parfois très techniques l'ouvrage présente l'avantage d'être toujours aisément lisible par le lecteur non spécialiste qui désirerait s'informer sur cette question majeure des évolutions récentes du foncier agricole (et des modes de production agricoles correspondants). Il comporte un lexique très utile contribue à le faciliter.

Au total un ouvrage d'intérêt à la fois général et particulier appelé à devenir un ouvrage de référence. J'en recommande vivement la lecture.

NEO-PAYSANS, LE GUIDE (TRES) PRATIQUE Toutes les étapes de l'installation en agroécologie et en permaculture¹



par Sidney **FLAMENT-ORTUN** et Bruno **MACIAS**

Jean-Paul **CHARVET**². – Cette seconde édition d'un ouvrage-guide destiné prioritairement aux « néo-paysans » porte sur une réalité qui a pu être considérée à une certaine époque comme marginale et relevant d'un effet de mode. Il n'en est rien désormais et le succès rencontré par ce livre en porte témoignage. Les statistiques disponibles le soulignent également : les installations hors du cadre familial (en incluant celles des enfants d'agriculteurs qui ne prennent pas la suite de leurs parents et qui ne s'installent pas auprès de leurs proches) représentaient 10% de l'ensemble des installations en 2000 ; ce pourcentage est de l'ordre du tiers aujourd'hui. Dans des campagnes françaises où l'on dénombre environ une installation pour deux départs d'agriculteurs à la retraite un nouvel installé sur trois ne reprend pas l'exploitation d'un membre de sa famille.

En outre, nos « néo-paysans » actuels apparaissent bien différents des « néo-ruraux » des années immédiatement postérieures à 1968. À cette époque les « néo-ruraux » recherchaient principalement à se retirer en marge d'une société dont ils rejetaient les fondements et les modalités de fonctionnement. Tel n'est plus le cas aujourd'hui : les néo-paysans des années 2000 et 2010 participent pleinement à la société globale, vivent et travaillent en symbiose avec elle, même s'ils le font en se démarquant de formes d'agriculture « conventionnelles ».

¹ 2^{ème} éd. Editions France Agricole, 2018, Collection TerraAgora, 300 pages.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, section 10.

Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

Cet ouvrage élaboré par une ingénieure agronome et un ingénieur en biomimétique possède deux points forts : la motivation de ses deux auteurs qui sont co-fondateurs de l'association « Néo-Agri » (association qui soutient les installations de néo-paysans) et le fait d'être très largement fondé sur des enquêtes détaillées de terrain donc sur des réalisations concrètes.

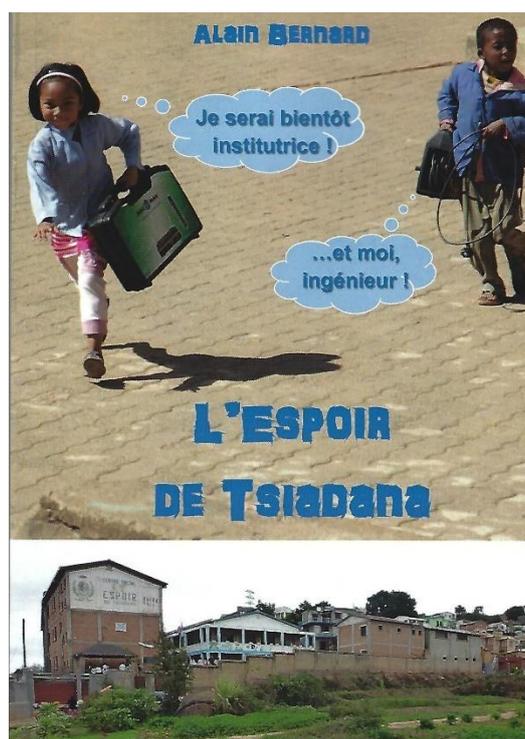
Les modèles d'agriculture qui servent de référence sont ceux de l'agro-écologie avec toutefois une place particulière faite à la permaculture. On trouvera aux pages 60 et suivantes une présentation synthétique de ce modèle spécifique d'agriculture dans ses différentes dimensions techniques, économiques, sociales et philosophiques ou éthiques : il a pour objectifs de prendre soin aussi bien des écosystèmes « naturels » que des êtres humains (à commencer par les agriculteurs eux-mêmes) dans un contexte de partage équitable et de développement durable.

Les exemples de néo-paysans présentés mettent presque tous l'accent sur les caractères innovants de leurs pratiques qu'il s'agisse d'agriculture ou/et de commercialisation en le mettant souvent en relation avec les expériences acquises précédemment dans d'autres domaines d'activité. Parmi d'autres caractéristiques communes : ils s'établissent sur des superficies plus petites que la moyenne et parviennent à compenser cette petite taille par des activités à forte valeur ajoutée (dont souvent la transformation de leurs productions) et une commercialisation au travers de circuits courts ; ils s'orientent volontiers vers l'agriculture biologique tout en diversifiant leurs productions...

Cet ouvrage-guide destiné aux néo-paysans, ainsi qu'à ceux qui ambitionnent de le devenir, présente avec beaucoup de clarté et d'honnêteté les nombreuses difficultés, accompagnées de propositions de solutions, qu'ils ont à surmonter pour réussir leur installation : trouver du foncier disponible dans la durée ainsi que les financements indispensables, sélectionner les circuits de commercialisation les plus performants ainsi que des statuts adaptés dans le domaine juridique et fiscal, investir dans leur propre formation...

Pour les auteurs, l'agriculture urbaine « néo-paysanne » ne peut que demeurer marginale dans la ville dense et gagnera beaucoup à intégrer des dimensions pédagogiques fortes dans les aires périurbaines. Ils sont pleinement conscients du fait que pour parvenir à la rentabilité (condition indispensable à la durabilité économique...) la permaculture se doit d'intégrer des circuits courts à forte et très forte rémunération (par exemple vers des restaurants haut de gamme), des rémunérations provenant de l'encadrement de stages (qui présentent aussi l'avantage de fournir de la main d'œuvre), une formation technique de niveau élevé, voire très élevé, dans plusieurs domaines ...

Les dernières recommandations de l'ouvrage sont : « Votre projet doit être viable et vivable » et « attention à l'épuisement ». De fait, mais nous ne disposons pas encore dans l'immédiat de recul suffisant pour l'établir de façon scientifique, il sera éclairant de pouvoir disposer à l'avenir de statistiques portant sur les taux de réussite (ou d'échec) des entreprises créées par les néo-paysans aux échelles temporelles de cinq à dix ans.

L'ESPOIR DE TSIADANA¹par Alain **BERNARD**²Analyse de Christian **FERAULT**³

« *L'espoir de Tsiadana* » est une association de droit malgache, créée en décembre 1994, et dont l'objectif global est l'entraide mutuelle et la lutte contre la pauvreté dans un quartier populaire de la banlieue de Tananarive dénommé Tsiadana, en privilégiant les activités socio-éducatives et sportives des jeunes ».

C'est par cette première phrase du préambule que débute ce livre édité par l'association SETAM (Solidarité, Effort, Témoignage, Auray, Madagascar), après une présentation par Françoise et Alain Bernard qui soulignent qu'en dépit d'une carrière essentiellement exercée outre-mer, ce pays « est resté le plus cher à notre cœur ».

Pourquoi cet engagement familial fort auprès d'une Association, de si nombreux enfants et encadrants, et d'un idéal d'éducation dans tous les sens du terme ? tout simplement parce que la grande misère et le désespoir – d'où le premier mot du titre – sont beaucoup trop

¹ Edité par SETAM, Auray, février 2019, 152 p., 15 €.

² Ingénieur général honoraire du génie rural, des eaux et des forêts, membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France.

³ Directeur de recherche honoraire de l'INRA, membre titulaire de l'Académie d'agriculture de France. Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

ancrés à Madagascar, devenu un des pays les plus pauvres du monde, sous un contexte qui se dégrade en permanence et sans que les nombreux changements politiques aient amélioré, depuis 45 ans, les choses et les situations. Une catastrophe humaine permanente qui laisse de côté l'immense majorité des habitants, dont les nombreux enfants, souvent orphelins, sont livrés à un avenir plus qu'incertain, caractérisé entre autres par un « abandon », une insuffisance alimentaire criante et une absence – faute de moyens des familles – d'éducation.

Cela fait beaucoup ! et comment ne pas réagir face à cette situation désespérante ?

L'aventure, narrée et présentée avec talent par Alain BERNARD, a déjà 25 ans.

Comme souvent elle est le fruit de la rencontre et des engagements complémentaires de quelques personnes, révoltées par la situation et mesurant bien la nécessité et l'urgence de « faire quelque chose ». Nous les nommerons par leurs prénoms : Serge, Valentine et Daniel – un couple malgache breton – et Teresa, sœur italienne, supérieure d'une Congrégation.

Et puis, progressivement, de beaucoup d'autres personnes qui se sont agrégées, apportant leurs contributions, leur enthousiasme et leurs capacités à agir sur bien des plans.

L'ouvrage est divisé en trois parties d'inégale ampleur :

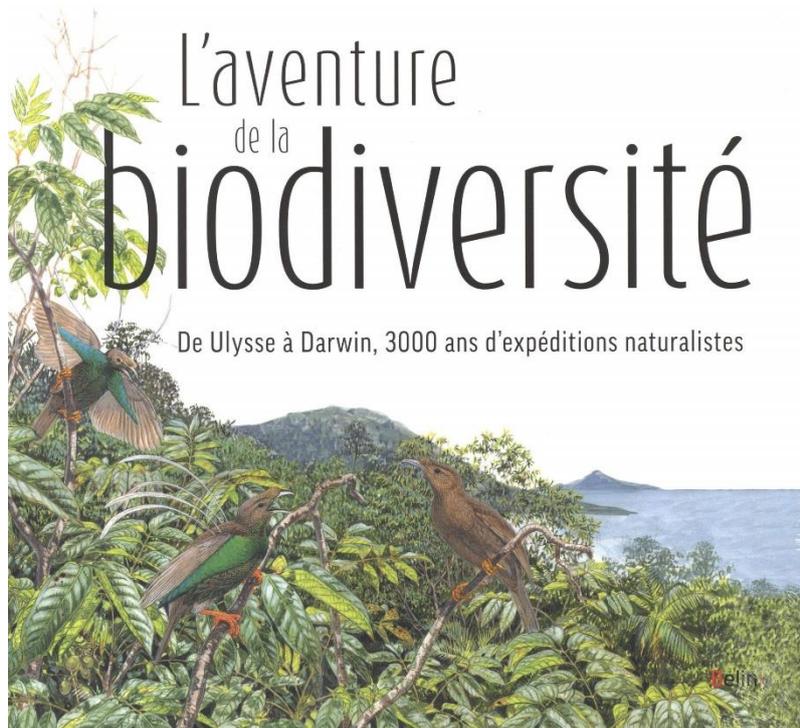
- une moitié est constituée par l'histoire et le cheminement du projet initial avec ses difficultés, ses hésitations, sa construction pas simple sous une détermination constante et ancrée fortement. On y voit bien la complémentarité des apports français, italiens et malgaches, avec une grande inventivité pour collecter, réunir et affecter les ressources. Des illustrations malgaches parsèment le texte.
On aboutit au 25^e anniversaire célébré en 2019 et avec quels résultats : un effectif impressionnant de 784 élèves répartis entre 9 classes primaires, 9 classes secondaires et 6 ateliers regroupant 82 jeunes filles en formation professionnelle dans le secteur artisanal. Et un encadrement conséquent de 50 enseignants et administratifs.
Par ailleurs, des soins sont prodigués aux élèves (infirmerie et cabinet dentaire), dont les familles sont suivies par une assistante sociale. Un repas délivré le midi à tous les élèves qui le souhaitent. Un repas chaud pour la journée !
Les familles le pouvant contribuent financièrement... à l'échelle de leurs très maigres ressources. Sinon c'est la gratuité.
Les résultats aux examens sont excellents.
- un album photographique suit sur une quarantaine de pages. Il est présenté avec délicatesse, traduit le chemin parcouru, montre les bâtiments et les installations. Le lecteur qui ne connaît pas est ainsi immergé dans la réalité et les défis.
- Une dizaine de témoignages enfin, fort divers, expriment les ressentis, les difficultés, les victoires, le rôle des sports pratiqués, sous une écriture qui mêle le sérieux du réalisme et l'humour lié aux choses de la vie courante.

Bien sûr et heureusement, l'aventure ne s'arrête pas là, qui est déjà un aboutissement magnifique ! Que proposer aux élèves après le BEPC ? Quelles voies ouvrir aux jeunes filles de la formation professionnelle ? et bien d'autres questions car les besoins sont IMMENSES.

Ce livre montre qu'AVEC TRÈS PEU ON PEUT FAIRE ÉNORMÉMENT, si l'on agit avec détermination et dans la durée. Avis à toutes celles et tous ceux qui liront ce texte et entreront en contact pour agir avec SETAM (5 Rue du Guervec, 56400 Auray et www.setam-auray.org).

L'AVENTURE DE LA BIODIVERSITÉ
De Ulysse à Darwin, 3000 ans d'expéditions naturalistes¹

Hervé Le Guyader • Illustrations de Julien Norwood



Hervé Le Guyader

Illustrations de Julien Norwood

Jean-Claude MOUNOLOU². – Ce livre superbe s'adresse à des lecteurs charmés par la beauté de la nature et la sincérité de tous ceux qui ont découvert sa diversité dans les terres lointaines.

S'agissant d'aventures et de belles illustrations il pourrait aussi retenir l'attention d'un public blasé mais confusément conscient de l'importance de la biodiversité. En quelques vingt ans le mot biodiversité a conquis l'espace médiatique et s'est introduit dans tous les foyers. Mais aujourd'hui il paraît usé par les emplois politiques ou conservationnistes et par l'affaiblissement de son sens scientifique... Hervé Le Guyader va tenter de réveiller l'enthousiasme de tous les lecteurs pour le vivant qui nous entoure avec l'aide esthétique de Julien Norwood.

¹ Belin Editeur/Humensis, 2018, 270 pages.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, Professeur honoraire de l'Université Paris-sud.

Il suffit d'abord d'ouvrir le livre au hasard... Et apparaissent de merveilleuses illustrations colorées, délicates et précises. Elles forcent à en regarder d'autres, à lire le texte pour en savoir plus... Le lecteur vient de pénétrer dans un conte épique !

Les scientifiques, les pédagogues, les curieux de la reconnaissance des plantes et des animaux connaissent les travaux et les talents d'Hervé Le Guyader comme la clarté de ses publications sur l'organisation du monde vivant (récemment une classification phylogénétique). Avec cet ouvrage l'auteur change d'attitude et de plume. Il devient conteur. Hervé Le Guyader nous conte l'histoire d'hommes (et quelques femmes) qui, de l'Antiquité au XIXème siècle, ont exploré des terres et des mers inconnues, collecté et décrit des plantes et des animaux qu'ils ne connaissaient pas, ramené des spécimens pour les « acclimater » et en user. Tous ces objets (on dirait aujourd'hui « big data ») sont entrés un par un dans un grand catalogue du monde vivant. Pour s'y retrouver explorateurs et scientifiques (souvent la même personne) ont donné à ce catalogue une structure ouverte qui permet d'accueillir toute nouvelle découverte dans une organisation formelle cohérente du monde vivant (classification). Assortie d'informations sur les fonctions, les localisations et les environnements cette classification constitue l'introduction à la connaissance de la biodiversité.

Le conte épique de la biodiversité rassemble une trentaine de récits différents. Ils disent les aventures de ceux qui ont quitté leur société, les connaissances acquises alors, les plantes et les animaux qui les entouraient, pour explorer d'autres lieux. Ils étaient mus par l'espoir qu'ailleurs il y aurait des découvertes à faire. Ils avaient besoin de satisfaire une ambition et une curiosité personnelles. Ils s'imaginaient rapportant à leurs concitoyens des ressources nouvelles, et contribuant au progrès de leur société. Les puissants les soutenaient, certains par conviction intellectuelle, d'autres le plus souvent par espoir de tirer des bénéfices politiques et matériels des expéditions.

Ainsi en 3000 ans les explorations ont succédé aux explorations. Chacune a eu un objectif de pouvoir et un objectif de connaissance scientifique particulier. Trouver le bon dosage pour satisfaire les deux objectifs simultanément était une affaire d'hommes. L'explorateur responsable, celui dont on a en général retenu le nom, portait la responsabilité entière de l'entreprise. Chaque expédition est ainsi une aventure unique. A l'arrivée la société fait un bilan, en évalue le profit politique et économique, apprécie la qualité de l'enrichissement des connaissances réalisé, et témoigne à sa façon quelque reconnaissance à celui qu'elle a lancé dans l'inconnu. Hervé Le Guyader propose quelques trente récits et, chaque fois, souligne les qualités humaines des acteurs : l'aventure de la biodiversité est d'abord une affaire d'hommes. Tous ont eu le sens du sacrifice. Certains ont été très téméraires ou odieux avec ceux qui les accompagnaient ou qu'ils rencontraient. Nombreux sont ceux qui ont payé l'aventure de leur vie. Mais, exploration après exploration, la connaissance fait un pas en avant. Aujourd'hui encore on apprend que la biodiversité des mers du Sud fut une immense surprise (baleines énormes, manchots...), que l'Australie est peuplée d'animaux et plantes semblables à nul autres, que le caféier est venu d'Afrique, que La Pérouse a fait naufrage en Océanie, que les bisons d'Amérique du Nord ont été massacrés sur ordre. Autant de récits palpitants, qui se lisent d'un trait. Et le style direct du conteur tient en haleine.

Après cette première lecture il n'est plus possible d'ouvrir le livre au hasard car deux questions se posent. Fallait-il tant de récits pour réveiller la curiosité d'un lecteur blasé de biodiversité ? S'il ne s'agissait que d'amusement un recueil de quelques bonnes histoires aurait suffi. Par ailleurs que veut donc dire l'auteur à son lecteur quand il lui présente un

Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

conte épique en 4 chants ? En y portant attention il apparaît qu'Hervé Le Guyader raconte aussi comment les explorations ont contribué au progrès de la connaissance. Au moment du départ se prépare une confrontation entre les idées en cours et l'espoir de découvertes inattendues. D'une expédition à l'autre la pratique de la confrontation est déplacée par la disponibilité des connaissances connexes nouvelles (géographie, navigation, médecine...) et de technologies plus élaborées (microscopes, techniques de culture...). Ces progrès renouvellent en effet la capacité de révéler les nouveautés biologiques et d'apprécier les différences. Au retour vient le temps du dépouillement des collections, de l'organisation du savoir et de la mise à l'épreuve : acclimatation et usages d'une part, intégration dans une compréhension mieux aboutie du vivant d'autre part. Dans cette présentation Hervé Le Guyader fait œuvre d'historien. Il montre au lecteur que la démarche finale d'intégration devient scientifique quand elle maximise la cohérence des faits et objets observés, nouveaux et anciens. Elle acquiert alors un pouvoir explicatif qui permet d'organiser l'exploration suivante et d'offrir un cadre cognitif à valider ou infirmer avec les résultats à venir.

Le premier chant relate les temps de l'émerveillement, de l'Antiquité au XV^{ème} siècle. Dans un monde antique où les objets et les mythes ne faisaient qu'un, dans un Moyen Age où les allégories étaient représentées par des monstres redoutables, les découvertes enrichissaient la connaissance du vivant par additions successives. Certaines étaient craintes, d'autres accueillies avec discrétion et satisfaction (les épices). Il n'était point besoin de disposer d'une compréhension biologique cohérente et globale du monde vivant.

Le deuxième chant parle d'explorations depuis le Moyen Age jusqu'au siècle des Lumières. L'aventure de la biodiversité suit la découverte des terres et océans lointains (l'Amérique, l'Océan Pacifique...) par les marins et les explorateurs qui les accompagnent. Mais le politique n'est pas loin (colonies...) et le commerçant non plus (bananier...). Les données biologiques nouvelles s'accumulent toujours plus vite, plus nombreuses et plus extraordinaires.

Au XVIII^{ème} siècle une mise en ordre est indispensable. Sans faire d'hypothèse sur une éventuelle histoire biologique (la question n'est pas encore à l'ordre du jour) il faut classer et ordonner. Hervé Le Guyader explique que plusieurs propositions ont été avancées. Mais l'affaire était difficile : Dans une comparaison de trois objets à classer comment utiliser les caractères qui sont spécifiques à chacun, partagés par deux et communs aux trois ? C'est l'histoire de l'effort de rationalité réalisé, que le lecteur trouve dans ce deuxième chant. L'aboutissement en est la classification de C. von Linné, un système cohérent, économe et ouvert à de nouvelles découvertes. Les histoires qui illustrent cette immense avancée constituent le troisième chant.

En organisant la connaissance des objets vivants les uns par rapport aux autres, la classification amenait à se poser la question de leur histoire : Les espèces proches dans la classification étaient-elles apparues telles qu'on les rencontrait, ou avaient-elles une histoire partagée qui serait le fruit de filiations et de différenciations ? Les découvertes de fossiles représentant d'objets biologiques disparus mais possibles à placer dans la classification allaient imposer un nouvel effort de réflexion et de rationalité. L'histoire de cet effort est le sujet du quatrième chant. Avec les récits des explorations de Humboldt et Bonpland, de Naudin, de Dumont d'Urville, de Darwin, de Wallace et Bates, Hervé Le Guyader raconte l'émergence de la théorie de l'évolution. D'une entreprise d'accumulation de données et de revue des diversités à une classification scientifique puis une théorie de l'évolution, l'aventure de la biodiversité a fait de l'évolution biologique une science et des êtres vivants un monde en perpétuel transformation.

Au XX^{ème} et XXI^{ème} siècles l'aventure va se poursuivre. L'évolution biologique est toujours une science, une science historique en premier lieu. Elle est fondée sur la théorie de l'évolution. La génétique moléculaire et, plus récemment, la biologie de synthèse apportent de nouveaux outils cognitifs et technologiques qui ajoutent une dimension nouvelle au potentiel prédictif de la théorie de l'évolution. L'évolution biologique, science historique, est aussi une science hypothético-déductive.

Hervé Le Guyader offre une conclusion appuyée sur deux récits. Chacun d'eux illustre à sa façon le rôle que les activités humaines peuvent avoir sur les inflexions que peut prendre la biodiversité, d'une apocalypse destructrice à une transformation durable et généreuse. Plus l'histoire avance, plus l'homme qui jouait le rôle de consommateur modeste et de devin inspiré se mue en demiurge acteur et responsable de l'avenir de la biodiversité.

Il reste à penser que le lecteur, émerveillé par les illustrations, a maintenant lu avec entrain les récits d'aventure écrits par Hervé Le Guyader. Il reste à espérer que le souffle épique qui traverse ce livre a ressuscité un intérêt véritable pour la biodiversité.

MANAGER UNE ENTREPRISE AGRICOLE DURABLE¹

Pour une démarche entrepreneuriale responsable, rémunératrice et résiliente

par Gilles **CAVALLI**²

André Neveu³. – Le chemin que doit suivre un agriculteur à la tête d'une exploitation conventionnelle pour la transformer en entreprise agricole durable est un chemin long et semé d'embûches. Car s'il existe une grande diversité de solutions, les moyens à mettre en œuvre sont complexes. Gilles Cavalli doit donc nous prendre par la main pour dénouer le fil des écheveaux d'initiatives nécessaires, de performances possibles et d'évaluations à réaliser.

Dans une première partie, l'auteur analyse les multiples raisons de faire le choix du développement durable. Car c'est à l'évidence un enjeu incontournable pour les agriculteurs du siècle présent. C'est aussi un défi individuel et collectif. Le nécessaire changement vers un monde plus durable exige à la fois une prise de conscience individuelle et une mutation collective instituant de nouvelles règles de fonctionnement des organisations.

Puis l'auteur définit ce qu'est la Responsabilité Social des Entreprises Agricoles (RSEA) qui ont pour but d'aller vers le développement durable. Les voies possibles sont nombreuses, même si toutes n'ont pas la même efficacité. Le chapitre 2 les répertorie donc, de l'agriculture biologique à l'agriculture raisonnée, mais aussi, entre autres, l'agroécologie, l'agroforesterie, la permaculture ou l'agriculture écologiquement intensive chère à notre confrère Michel Griffon. La diversité de ces pratiques montre que dès maintenant les agriculteurs sont nombreux qui ont à cœur d'aller vers le développement durable.

¹ Éditions France Agricole, mars 2019, 256 pages.

² Cofondateur de la start-up Agrifind.

³ Membre de l'Académie d'agriculture de France.

Faut-il encore disposer d'outils de mesure de la durabilité d'une exploitation agricole. Cette évaluation passe par des méthodes multicritères. Celles-ci sont fort nombreuses. Car la réussite d'une stratégie de responsabilité sociale d'une entreprise implique de rendre compatibles deux formes de valeurs longtemps considérées comme opposées : une valeur marchande et une valeur sociétale. Pour cela, il faut réinventer un nouveau contrat social, associant le chef d'exploitation, son entreprise et le territoire. A cet effet, il est nécessaire de combiner le recours à des besoins marchands et les attentes de la société.

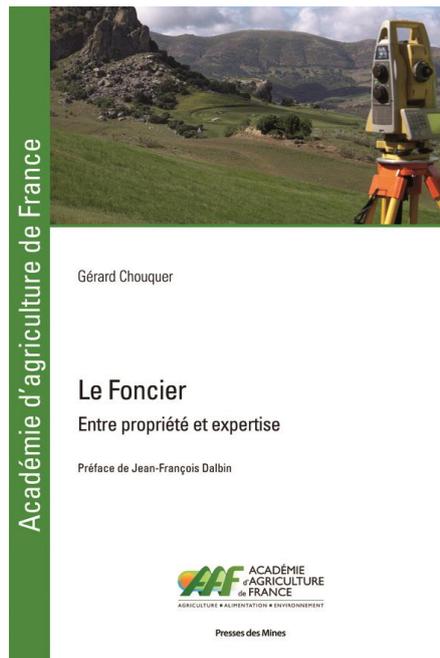
Le chapitre 4 se veut résolument optimiste quant à la capacité des chefs d'entreprises agricoles (baptisés « *agripreneurs* ») à gérer leur entreprise, ses investissements, ses techniques et son taux d'endettement, tout en adoptant une démarche de développement durable. Mais ces évolutions impliquent d'aller au-delà de la dépendance nécessaire vers une interdépendance qui exige un travail d'équipe dans l'entreprise mais aussi dans la vie personnelle.

L'ouvrage de Gilles Cavalli est un livre fort dense qui pose de nombreuses questions. C'est aussi incontestablement un outil pédagogique de référence qui vient à son heure. En effet il répertorie clairement tous les problèmes qui se posent à l'agriculture moderne, celle qui veut être de plein pied dans le 21^{ème} siècle. Cette volonté de traiter tous les aspects des différents sujets abordés a son revers : celui de transformer trop souvent chaque chapitre en un catalogue avec le danger de se répéter. La multiplication des sigles oblige également le lecteur à se référer en permanence à la liste des acronymes, elle-même fort longue, mais bien utile au lecteur incapable de les mémoriser au fil de sa lecture.

LE FONCIER

Entre propriété et expertise

de Gérard **CHOUQUER**, Membre de l'Académie d'agriculture de France



par Philippe **KIM-BONBLED**

(Délégué à la Communication de l'Académie d'agriculture de France)

En refermant l'ouvrage de Gérard Chouquer, paru dans la collection : Les livres de l'Académie d'agriculture de France, publiée aux Presses des mines, j'ai eu l'*immodestie* de penser que si j'avais eu le privilège de lui donner son titre, c'aurait été « **Le Foncier : un enjeu stratégique passé, présent et à venir du développement des Etats** ».

Car c'est ce que je retiens du brillant exercice d'historien, intéressé par le droit et la géographie et d'analyste, auquel s'est livré l'auteur sur un sujet pour le moins, a priori, austère.

« Le Foncier Entre propriété et expertise » n'est pas un *indigeste* traité de droit.

C'est au contraire une agréable et intéressante *ballade* sur le sentier du Foncier, à travers les âges et tout au long de la Planète.

Et sur ce sentier du Foncier, le *non* juriste que je suis y a découvert bien des surprises et appris à mettre à mal certaines de ses idées reçues. Mais surtout il y a compris que l'encadrement législatif et réglementaire du Foncier revêtait un enjeu géostratégique et financier pour les États dans le passé, dans le futur et plus encore dans l'avenir.

Dans la première partie de son ouvrage, l'auteur décrit les différents régimes juridiques du Foncier. On y découvre, notamment, que ce qu'on appelle « droit romain » est une réinterprétation moderne du droit civil antique et qu'il ne représente pas tous les droits fonciers qui existaient alors.

On y apprend que le droit de propriété, pensé comme un statut juridique, est quasiment une exception latine, alors que sur la planète ce sont plutôt les « droitS de propriétéS » économiques qui s'exercent, permettant le montage de trusts ou de fiducies. De ce fait, « si en France on reste sur l'idée qu'une propriété est l'avoir qui revient à l'être, dans le droit anglo-saxon on s'intéresse plutôt aux différentes façons d'être par rapport à l'avoir ».

Enfin, on y constate « une érosion de la propriété et une inversion des normes », qui font dire à l'auteur que « de plus en plus d'interdits et de contraintes pèsent sur le propriétaire, en raison des nécessités de la vie collective » et notamment des fortes attentes du citoyen en matière de protection de l'environnement et de la santé publique.

Par ailleurs, dans cette première partie de l'ouvrage, l'auteur aborde les « questions foncières au filtre des communs », l'occasion pour lui de saluer le travail sur ce sujet de sa consœur et experte en la matière, Nadine VIVIER.

Dans la deuxième partie de l'ouvrage, l'auteur nous enseigne la « formalisation du droit de propriété ».

On y constate avec étonnement, qu'en France l'inscription des actes aux ex-Hypothèques, devenues depuis Service de la publicité foncière, a longtemps été non obligatoire...

On y apprend que le cadastre, « véritable outil de sécurisation de la propriété en France est un outil fiscal et non pas juridique » mais aussi que dans le passé en Europe et actuellement dans les pays émergents « résister au cadastre est un moyen de lutter contre une réforme agraire redistributrice ».

Dans la troisième partie de l'ouvrage, l'auteur promeut et milite pour un « acte cartographique conçu comme un médium, un moyen de mettre en lien des observations jusqu'ici tendues entre des interprétations opposées ».

Il montre, à travers l'exemple de la forêt amazonienne, dont on découvre *avec stupéfaction*, qu'elle « n'est pas une forêt primaire », combien il faut penser le foncier dans la mobilité des formes et des paysages.

Au final, dans son ouvrage « Le Foncier Entre propriété et expertise », Gérard Chouquer réagit et nous fait réagir au fait qu'actuellement « certains voudraient faire du Foncier une extériorité dont on peut se passer ».

Un danger pour la planète ? Probablement.

Guihem **BOURRIÉ** (ed.). **LES SOLS AU COEUR DE LA ZONE CRITIQUE**

Volume 3 : la circulation de l'eau, ISTE Editions, 2018.

Guihem **BOURRIÉ** (ed.). **LES SOLS AU COEUR DE LA ZONE CRITIQUE**

Volume 4 : la qualité de l'eau, ISTE Editions, 2018.

Hervé **THIS**¹. – La question doit d'abord être posée : pourquoi demander à un physico-chimiste qui semble s'intéresser d'abord aux aliments de présenter des ouvrages consacrés aux sols ? La réponse tient sans doute à cette communauté de connaissances qui réunit tous les physico-chimistes, ainsi qu'à la complexité des systèmes alimentaires ou pédologiques.

Oui, communauté de connaissances, car on ne dira pas qu'il y a peu de connaissances spécifiques aux diverses sciences : la nature est une, et, au-delà des objets particuliers à la chimie, la physique, la biologie, les mécanismes sont souvent de même nature. Quand, de surcroît, on reste dans le domaine de la physicochimie, il ne faut pas s'étonner que l'on retrouve aussi bien pour les aliments que pour les sols des questions de diffusion moléculaire, de réactivité, de thermodynamique... De surcroît, la gastronomie moléculaire qui est l'activité scientifique de l'auteur de ces lignes n'est pas une technologie qui serait collée à l'aliment, mais l'utilisation des transformations culinaires pour la recherche de mécanismes... qui décollent donc de ce champ alimentaire.

Et, plus particulièrement, la migration des sucres et des acides aminés -par exemple- du tissu d'une racine de carotte vers l'eau d'un bouillon, ou la percolation de l'eau entre les grains d'une poudre obtenue par broyage de graines de café torréfiées, ou bien la migration de l'eau dans un sol sont des phénomènes très semblables, résultant de diffusion, de mouvements browniens variés, d'échanges entre le liquide et les particules solides. Mais il y a plus : l'aliment est essentiellement constitué de parties qui sont essentiellement colloïdales, tout comme les sols, et l'eau est un constituant essentiel des deux systèmes. Si la composante organique est plus forte dans le cas des aliments, elle n'est pas absente dans le cas des sols, tandis que la composante minérale intervient souvent dans les analyses des aliments.

Inversement, penser que la connaissance de la physico-chimie suffit pour évaluer les ouvrages qui sont ici proposés serait d'une suffisance et d'une présomption terrible. Il faut d'emblée reconnaître que la seule possibilité est de se demander si les auteurs ont clairement exposé les faits, d'une façon engageante, à savoir susceptible de susciter l'intérêt d'un collègue qui a décidé de se consacrer à d'autres objets que les sols.

Mais le mot d'« auteurs » a été posé, et il faut commencer par là. Guilhem Bourrié, membre de l'Académie d'agriculture de France, est pédologue et géochimiste, et il coordonne ces deux volumes de la série consacrée aux sols « au sein » de la « zone critique ». Ce travail s'effectue sous la direction scientifique d'André Mariotti, de l'Université Pierre et Marie Curie, lequel a sollicité Christian Valentin, un des animateurs du Groupe « sols » de l'Académie d'agriculture de France et qui a coordonné la série sur les sols.

¹ Membre de l'Académie d'agriculture de France.
Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

Des explications s'imposent, pour comprendre pourquoi il ne s'agit pas des sols « de » la zone critique : on s'entend aujourd'hui, internationalement, pour désigner ainsi le lieu des interactions entre l'atmosphère, l'hydrosphère, la pédosphère (la couche la plus externe de la croûte terrestre, composée des sols), la lithosphère et les écosystèmes. Cette mince enveloppe est centrale, pour ce qui concerne les activités humaines.

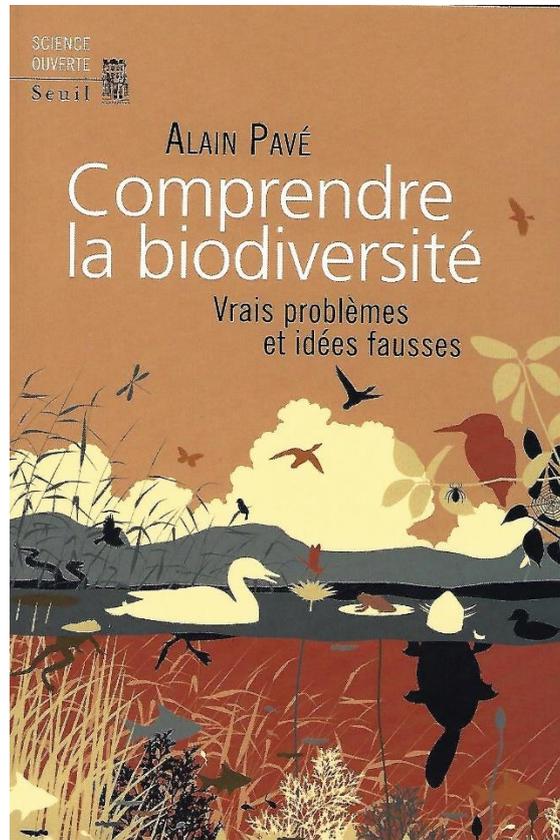
Pour traiter ces sujets, le coordonnateur a fait appel à des collègues d'universités variées : Paris, Avignon, Orléans, Thonon, et plusieurs universités algériennes. Et l'ensemble est donc très « universitaire » : le souci d'enseignement est constant, et le texte est manifestement destiné à des professionnels en formation : doctorants, chercheurs et enseignants-chercheurs. De fait, il contient de nombreuses données de référence, et cite de nombreux articles ou ouvrages : nous avons là une référence utile.

Le volume 3 commence par une partie générale sur la physicochimie du système sol-eau, avant quatre chapitres consacrés aux mouvements d'eau dans les sols, chaque fois considérés sous l'angle de la façon dont les sols, par leurs propriétés, orientent le devenir de l'eau : mouiller ou non les sols, être absorbés par les plantes, s'infiltrer ou ruisseler continuellement ou selon des écoulements préférentiels, se concentrer ou non dans certaines parties des vallées lors de crues, et provoquer ou non des inondations. Pour le volume 4, la thèse principale est que les transformations de la qualité de l'eau dans les sols sont la face cachée de la pédogenèse, influençant les grands cycles biogéochimiques du Globe. La solution du sol change de composition, se charge de sels dissous, recharge les nappes, ressources d'eau potable. L'irrigation en zone méditerranéenne à semi-aride doit tenir compte de la qualité de l'eau pour éviter de saliniser les sols. Ces derniers constituent ainsi un système de transfert, et la gestion intégrée des bassins versants permet, par exemple, de maîtriser les flux de phosphore particuliers et dissous, responsables de l'eutrophisation culturelle, restaurant la qualité des eaux tout en protégeant les sols.

L'ensemble est passionnant, même pour qui est étranger au domaine, soit que l'on retrouve des concepts dans des circonstances différentes de celles que l'on connaît, soit que l'on découvre des particularités inédites de la zone critique. Surtout, la diversité des objets fascine, précisément en raison de la définition de ladite zone, mêlant les solutions (leur chimie et leur physique évidemment fait un gros morceau, dans ces deux volumes), les végétaux, les minéraux et l'atmosphère. Véritablement la notion de système s'impose.

Une réflexion, pour terminer : en matière d'enseignement, je promeus l'idée que nos collègues plus jeunes soient placés immédiatement au sommet de la montagne du savoir scientifique, faisant l'économie des travaux du passé (sans ignorer celui-ci, bien au contraire : l'histoire de nos disciplines est fascinante). Observation qui conduit à penser que les techniques essentielles qui sont devant nos amis sont la mécanique quantique (pensons par exemple nanoparticules ou solides exotiques, tels que peuvent l'être des minéraux variés), les méthodes numériques (qui incluent d'ailleurs des excursions aux très petites échelles, ce qui retrouve la question précédente). Cela ne semble pas figurer dans ces deux volumes, qui restent à un traitement plutôt classique. L'observation n'a pas de connotation critique, mais elle doit conduire à éclairer la lecture. Après tout, la question de l'eau dans la zone critique reste complexe, et, si l'on ne peut s'empêcher d'imaginer le futur de son traitement, il faut construire ce futur sur des bases si nombreuses qu'elles ont imposé deux volumes au coordonnateur.

Soyons des nains sur les épaules des géants.



Christine **LÉVÊQUE**¹. – Alain **PAVÉ**² vient de publier « Comprendre la biodiversité. Vrais problèmes et idées fausses »³. Aux éditions du Seuil.

C'est un livre qui reflète l'esprit foisonnant de notre confrère. Difficile d'en faire un résumé synthétique....

Après quelques exemples qui montrent la diversité du champ couvert, le chapitre « histoire quelque peu bringuebalante du concept » (de biodiversité) rappelle l'origine de ce concept qui n'a pas de véritable définition scientifique mais qui mobilise de nombreuses disciplines scientifiques, y compris les sciences de l'homme autour de l'idée de la protection de la nature. A. Pavé ne manque pas de souligner que ceux qui en parlent ne sont pas toujours des scientifiques ... et rappelle que la vision systématiquement idéalisée de la nature (elle est bonne en soi...) associée à des discours catastrophistes sur l'érosion de la biodiversité conduit parfois à des déclarations qui défient le bon sens !

¹ Membre de l'Académie d'agriculture de France, Président de l'Académie en 2019. Charge de mission : cercle des conférenciers.

² Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, Professeur émérite de l'Université Claude Bernard Lyon 1. Membre de l'Académie des Technologies et de la Sigma-Ksi Scientific Research Society (USA).

³ Éditions du Seuil, collection Sciences humaines, 2019, 368 pages.
Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

Le chapitre suivant au titre évocateur « on compte beaucoup, plus ou moins bien, mais qu'en fait-on ? » nous rappelle les nombreuses difficultés liées à l'estimation de la biodiversité, du gène à l'écosystème. L'auteur y évoque l'évolution de la biodiversité à l'échelle géologique. Mais surtout le biométricien s'exprime pleinement dans une longue analyse et une critique de l'usage de la relation aire/espèces pour évaluer l'érosion de la biodiversité.

Un chapitre sur l'évolution aborde divers sujets dont le rôle du hasard, un thème cher à l'auteur, et rappelle surtout que la biodiversité est le produit de changements permanents, pas de l'équilibre !

Evidemment on ne pouvait échapper à la question de la sixième extinction ! S'en suit une longue analyse des concepts et informations disponibles, à l'issue de laquelle l'auteur recommande de tempérer les discours anxiogènes sur ce sujet, sans pour autant nier qu'il existe des situations critiques à l'exemple des pêches maritimes. Il rappelle notamment que dans les années 1980 on prévoyait la disparition des forêts européennes à l'horizon 2000 du fait des pluies acides. Bien évidemment ce ne fut pas le cas et les recherches réalisées dans ce contexte ont montré que le dépérissement observé de certaines forêts était lié à la nature des sols, au stress hydrique et aux pollutions atmosphériques. Et les forêts françaises sont plutôt en expansion... Mais il est vrai par ailleurs que certaines forêts tropicales sont en déclin et que les prévisions ne sont pas optimistes. On peut aussi rappeler la débauche de qualificatifs anxiogènes quand on a parlé de l'invasion de la Méditerranée par la caulerpe dans les années 1980 ! Depuis, elle est en voie de disparition ! Les discours globalisants qui pratiquent l'amalgame sont trompeurs et ne rendent pas compte des situations contrastées. Ainsi la plupart des espèces de vertébrés éteintes du fait de l'homme sont des espèces insulaires, notamment celles qui vivaient dans les îles du Pacifique. En Europe, seuls quelques cas sont documentés. Mais les prêcheurs d'apocalypse ne font pas dans le détail, laissant croire que c'est un phénomène universel. On appelle ça de la désinformation !

Suit une discussion documentée de la part d'un spécialiste, sur l'utilisation des modèles pour prévoir le devenir de la biodiversité. A. Pavé invite à une utilisation prudente et raisonnée des modèles, compte tenu des nombreuses incertitudes associées à l'existence de phénomènes aléatoires dans la dynamique à long terme de la biodiversité

Le chapitre « la biodiversité : comment en parle-t-on ? » aborde la question de l'investissement des sciences sociales dans le domaine. Le terme Biodiversité tend à se substituer à celui de nature dans les discours et il est souvent utilisé comme argument d'autorité dans le dialogue social pour bloquer des projets d'aménagements avec des arguments scientifiques discutables. La « nébuleuse de l'écologie » (écologie scientifique, politique, médiatique des associations, etc., chacune se revendiquant de la science), brouille les messages et engendre la confusion.

Le chapitre suivant s'intitule « déconstruire et reconstruire l'écologie scientifique ». Les écologues ont mis la biodiversité au centre de leurs préoccupations, et l'idée de conservation est omniprésente. Mais ils n'ont pas toujours bien perçu son caractère éminemment évolutif à tous les niveaux d'organisation du vivant. En outre c'est tout autant un objet social que scientifique. Ce mot valise, mal défini mais très médiatisé, est en effet porteur de valeurs émotionnelles et passionnelles. L'écologie sous l'influence des mouvements militants donne trop souvent dans le spectaculaire et le désenchantement du monde. Comme le répète souvent A. Pavé, la biodiversité souffre d'un manque de théorie générale...

Enfin, le dernier chapitre « ce que nous dit la biodiversité sur le hasard et le hasard sur la biodiversité », reprend les questions de hasard et de contingence, qui s'opposent aux idées d'ordre et de déterminisme qui prévalent souvent en science. L'auteur nous rappelle le rôle majeur du hasard dans les phénomènes évolutifs. Il reprend l'exemple du chaos déterministe, et le biométricien ne manque pas de souligner le pouvoir heuristique des mathématiques...

Le mot biodiversité popularisé depuis 1988 est devenu une *success-story*. Utilisé à tout va et à tout propos, il est devenu un argument d'autorité dans les débats de société, pour le meilleur et pour le pire. Ce faisant il y a perdu en rigueur scientifique. La dramatisation excessive et tapageuse faite autour de l'érosion de la biodiversité contribue aussi à le décrédibiliser. Dommage...

Un livre que tous ceux qui réfléchissent et ne sont pas endoctrinés par les discours stéréotypés et le lavage de cerveau médiatique devraient lire avec beaucoup d'intérêt.



Sous la direction de **Bernard LE BUANEC**¹

Analyse faite par Philippe **KIM-BONBLED**
(Délégué à la communication de l'Académie d'agriculture de France)

¹ Membre de l'Académie d'agriculture de France.
Presse des Mines, mai 2019, 284 pages.
Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

« L'Agriculture face à ses défis techniques. L'apport des technologies » est un ouvrage synthétisant de longues heures d'échanges d'un groupe de travail associant des membres de l'Académie des technologies et de l'Académie d'agriculture de France.

C'est ce qui fait la pertinence et la légitimité de son contenu.

Coordonné par Bernard Le Buanec, membre des deux compagnies, l'ouvrage est structuré en trois parties distinctes, complémentaires et interdépendantes, permettant d'aborder le sujet soit sous l'angle de la réflexion académique, soit sous l'angle du témoignage de ceux *qui sont et font* l'agriculture, soit enfin sous l'angle de propos de spécialistes.

C'est ce qui en fait l'originalité.

Avouons-le d'emblée, c'est la deuxième partie, intitulée « Paroles d'agriculteurs », qui m'a le plus *impressionné*, même si je regrette que sur 10 professionnels appelés à témoigner, seule une femme l'a été.

Pourquoi impressionné ? Parce que cette deuxième partie montre (si besoin en était encore) combien nos « agriculteurs français » sont conscients des forces et de faiblesses de leur métier, mais aussi et surtout des défis qu'il leur faut relever chaque jour, au sein de ce métier qui plus que jamais est un métier d'AVENIR.

Quelle clairvoyance ! Quel bon sens des gens qui aiment la terre !

Si je devais citer un seul témoignage, ce serait celui de Xavier de la Fage, qui en se référant au livre du japonais Masanobu Fukuoka (La révolution d'un seul brin de paille : une introduction à l'agriculture sauvage) déclare que « tous les modes de culture ont besoin de se développer, aussi bien biologique que conventionnel ».

La première partie de l'ouvrage intitulée, sobrement (trop ?) « Rapport du groupe de travail » est, bien sûr, la partie la plus importante de l'ouvrage. **Elle est l'expression et la synthèse académiques des propos des agriculteurs (trice !) auditionnés comparés à l'état des connaissances des technologies utilisables en agriculture.**

Pour chacun des trois défis recensés comme devant être relevés dans les années à venir :

1. Lutter contre les maladies et les ravageurs,
2. Maîtriser les adventices (anciennement dénommées mauvaises herbes),
3. Faire face au stress hydrique,

les rédacteurs de l'ouvrage listent les technologies disponibles, bientôt disponibles ou nécessitant d'être développées. On y constate l'importance, désormais, des Outils d'aide à la décision (OAD).

Ils font ensuite un état des lieux des acteurs (parfois avec pessimisme, du fait des réalités de du tissu économique international, des freins réglementaires européens voire nationaux mais aussi, et surtout, des blocages sociétaux) susceptibles de développer les technologies de demain. Je regrette de ne pas avoir vu, à ce propos, une référence au projet Make it Agri, auquel l'Académie d'agriculture de France est associée et dont le but est justement de donner de la visibilité aux « projets agricoles » de jeunes chercheurs et ingénieurs de Grandes écoles.

Enfin les rédacteurs s'interrogent, dans cette première partie de l'ouvrage, sur les moyens très concrets de favoriser la diffusion et l'utilisation des nouvelles technologies au sein des

Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

filières agricoles. Le renouvellement générationnel de la population d'agriculteurs semblant être le plus sûr moyen d'y parvenir à terme (sic).

La troisième partie de l'ouvrage, traitée sous forme d'annexes, est la plus complexe d'accès pour le lecteur. Mais elle est fondamentale car elle traite *de l'état de l'art* des technologies pouvant aider l'Agriculture à relever ses défis.

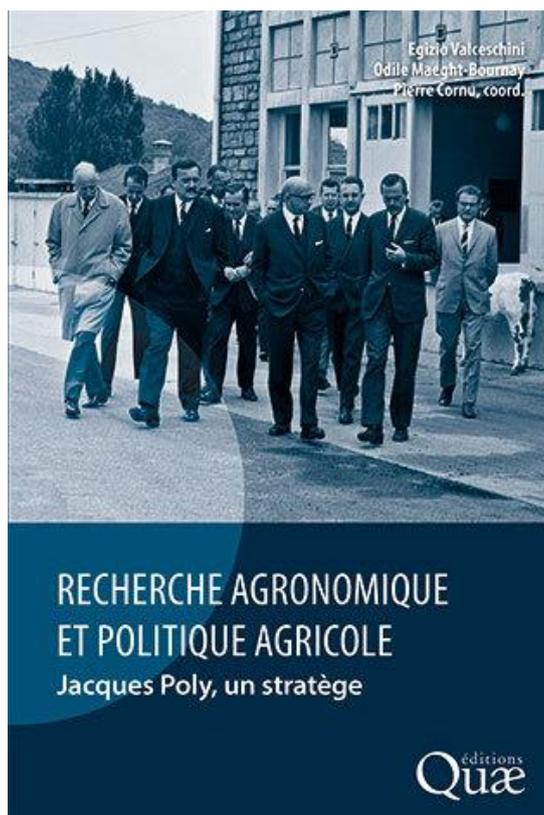
Cette partie est très pédagogique, car structurée comme un cours universitaire.

Trois ans après avoir quitté un poste au ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation où j'animais une équipe en charge, notamment, du contrôle de la santé et de la qualité des végétaux, j'y ai découvert de nombreuses technologies inconnues de moi.

J'y ai particulièrement apprécié les explications claires et pédagogiques sur « les perspectives dans le domaine de l'amélioration de la photosynthèse ».

En conclusion « L'Agriculture face à ses défis techniques. L'apport des technologies » est un ouvrage, qui, je pense, fera référence dans son domaine.

Mesdames, Messieurs les rédacteurs, à quand un opus de la même qualité dans le domaine animal ?

RECHERCHE AGRONOMIQUE ET POLITIQUE AGRICOLE**Jacques POLY, UN STRATÈGE¹**par Egizio **VALCESCHINI**², Odile **MAEGHT-BOURNAY**, Pierre **CORNU**

Louis OLLIVIER³. – Il s'agit d'un ouvrage collectif, coordonné par Egizio Valceschini, Odile Maeght-Bournay et Pierre Cornu, historiens spécialisés dans la recherche agronomique. Il associe des écrits de plusieurs personnalités, qui ont « fait » leur histoire autour de Poly, ou qui ont choisi de la « raconter ». Cette diversité d'approche constitue en elle-même un des intérêts du livre. Mais on peut regretter au passage de ne trouver ici aucune contribution de personnalités qui auraient pu détailler les mérites du Poly généticien dans le contexte qu'il a vécu, et ainsi assurer un équilibre entre les points de vue des scientifiques de l'époque et les historiens contemporains.

La liste des écrits de Jacques Poly (en Annexe du livre) montre bien la trajectoire qu'il a suivie. D'abord une carrière de chercheur généticien de base, pourrait-on dire, sur une vingtaine d'années, entre 1952 (contribution scientifique au 6^e *Congrès international de*

¹ Éditions QUAE, 2019, 168 pages.

² Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, Directeur de recherche à l'INRA, Comité d'Histoire.

³ Membre de l'Académie d'agriculture de France, Directeur de recherches honoraire de l'INRA.
Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

zootechnie de Copenhague) et 1970 (dans un article sur la sélection porcine, co-écrit avec Maurice Molénat, et présenté aux *Journées Vétérinaires de Maisons-Alfort*).

Au cours des vingt et quelques années qui ont suivi, la perspective s'élargit considérablement et, en conséquence, les supports de publication se diversifient. Les sujets abordés sont multiples, comme la place de l'élevage dans l'économie, et, plus généralement, les orientations de l'agriculture française, qu'il recommande de tourner vers plus d'économie et plus d'autonomie. C'est le fameux rapport de 1978, si souvent cité, et dont Pierre Cornu souligne les « lendemains paradoxaux » dans le chapitre conclusif du livre. Pierre Cornu s'interroge sur l'oubli rapide dont le rapport a été victime. Il écarte d'emblée toute explication conjoncturelle et favorise plutôt le « saut d'échelle de la biologie moléculaire ». Notons ici au passage les surprises qui apparaissent à la lecture de cette présentation, dont ce péremptoire classement du rapport Poly au rayon d'un « pari holiste sur l'avenir, formulé dans la phase de délitement du productivisme », ou, encore plus surprenant, l'annonce d'un « épuisement de la statistique appliquée à la génétique quantitative ». Cette annonce nous laisse le seul espoir que la statistique et la génétique quantitative, chacune de leur côté, puissent échapper au funeste sort qui leur est promis.

Cette période de sa vie est aussi l'occasion pour Poly de prendre de la hauteur par rapport à la recherche agronomique française, dont il a gravi tous les échelons, depuis son recrutement à la chaire de zootechnie d'André-Max Leroy à l'Agro, en 1952, jusqu'à son accès à la Direction de l'Institut, une fonction (sous diverses appellations : DG adjoint, DG et PDG) dans laquelle il a baigné entre 1972 et son départ à la retraite en 1989. Deux écrits stratégiques sont ici très opportunément mis en exergue : un rapport de 1981 sur « Industries agro-alimentaires et innovation », 52 pages écrites pour la Mission à l'innovation en collaboration avec Christian Herrault, et « Une nouvelle charte de développement » en 1988, dans un document dactylographié de 68 pages.

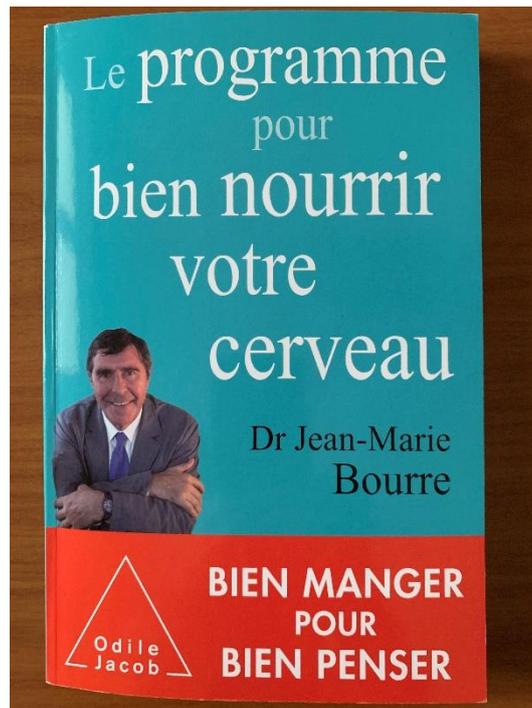
Parmi Les personnalités mises à contribution dans le livre, notons la présence de plusieurs anciens ministres, dont Pierre Méhaignerie et Henri Nallet à l'Agriculture, et Jean-Pierre Chevènement, un franc-comtois comme Poly, successivement ministre de la Recherche, de l'Education Nationale, de la Défense et de l'Intérieur (excusez du peu !). Gilbert Jolivet et Claude Béranger, de leur côté, représentent l'entourage proche de Poly au sein de l'INRA. Le premier nommé souligne les trois atouts du « personnage » : une bonne connaissance du monde agricole, une mémoire exceptionnelle des travaux des chercheurs INRA, et enfin une grande capacité à anticiper. Claude Béranger de son côté nous raconte sa mobilisation auprès de Poly pour des tâches multiples, dont surtout la rédaction du rapport de 1978, au sein d'un des groupes de travail préparatoires, un rapport qui offrait une vision de l'agriculture en devenir, et en construction « dans l'intelligence de Jacques Poly ».

Le livre regorge également de documents photographiques, dont la diversité est à l'image du personnage qu'on y retrouve le plus souvent. Un exemple en est le soutien affirmé de Jacques Poly aux otages du Hezbollah – Thomas Sutherland, généticien américain d'origine écossaise, chercheur sabbatique en Génétique Animale à Jouy-en-Josas, otage à Beyrouth de 1985 à 1991, et l'écrivain Jean-Paul Kauffmann, qui l'y a rejoint de 1985 à 1988 – ce qui nous vaut cette image émouvante de la remise, en 1992, du Mérite agricole aux otages libérés.

Sans oublier une autre image montrant Jean-Pierre Chevènement en croqueur de pomme au centre INRA d'Angers...

LE PROGRAMME POUR BIEN NOURRIR VOTRE CERVEAU

Du Dr Jean-Marie Bourre¹



par Philippe **KIM-BONBLED**

(Délégué à la Communication de l'Académie d'agriculture de France)

Quand Christian Ferault, membre de l'Académie d'agriculture de France, en charge de la coordination de l'exercice d'analyse des ouvrages au sein de la Compagnie, m'a fait l'honneur de me confier l'analyse de l'ouvrage « Le programme pour bien nourrir votre cerveau » du Dr Jean-Marie Bourre, membre de l'Académie de médecine et de l'Académie d'agriculture de France, j'ai tout de suite eu deux réactions :

- Pourquoi moi, mon cerveau va bien, me semble-t-il ?
- Je ne vais rien apprendre avec ce livre, du fait de ma formation de Docteur vétérinaire ayant décidé de me spécialiser en alimentation humaine durant ma formation...

J'avais tout faux !

Au regard de mes habitudes alimentaires mon cerveau risque de ne plus aller bien, dans peu de temps.

¹ Membre de l'Académie de médecine et de l'Académie d'agriculture de France.

Mes connaissances en nutrition étaient obsolètes.

C'est là tout l'intérêt du livre du Dr Jean-Marie Bourre :

1. démontrer le lien très important entre le contenu de son assiette et le bon fonctionnement des neurones et plus largement du corps de l'Homme,
2. livrer les dernières connaissances scientifiques sur la nutrition (tout particulièrement dans le domaine des oméga-3 et oméga-6, que l'auteur connaît particulièrement bien) et expliquer la complexité de celle-ci qui ne résume plus, comme je l'ai appris en son temps, à assurer un bon apport journalier de calories, de nutriments et de micronutriments.

Pour ce faire, l'auteur s'exprime dans un style simple, pédagogique (les « Le saviez-vous » sont en ce sens très appréciables), faisant la part belle aux exemples compréhensibles de toutes et tous, émaillé de traits d'humour bienvenus (ah, la comparaison entre le plaisir procuré par l'ingestion d'un morceau de chocolat et celui de se faire un baiser ; au sein d'un couple, légitime... ou illégitime !) pour traiter d'un sujet certes passionnant mais complexe.

« Le programme pour bien nourrir votre cerveau » est **l'antithèse scientifiquement établie des livres des gourous autoproclamés de l'alimentation normative reposant sur des dictats non scientifiquement établis**, n'ayant que comme seul résultat de culpabiliser les consommateurs.

Consommateurs, qui, s'ils s'en remettaient à leur bon sens inné et acquis en matière d'alimentation, n'auraient pas ou très peu de problème d'alimentation, sauf pathologies ou allergies avérées.

Car en fait, que nous (dé)montre Jean-Marie Bourre dans son ouvrage ? Que désormais **il est scientifiquement établi que le « bon sens alimentaire » développé par l'homme depuis son apparition sur terre est bon pour sa santé et son cerveau**. Et que, d'ailleurs si homo est devenu sapiens c'est en raison, notamment, de son alimentation qui a permis le développement de ses capacités intellectuelles...

Je ne résiste pas à citer, ci-après, quelques évidences alimentaires démontrées scientifiquement par l'auteur dans son ouvrage :

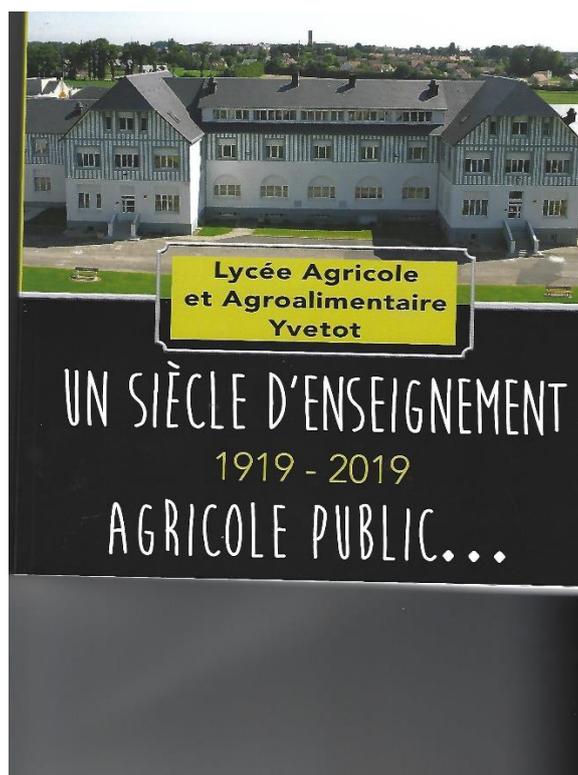
- Oui l'homme est un « omnivore/opportunivore », qui doit manger des protéines végétales ET animales, au cours de plusieurs repas selon un cycle chronobiologique établi,
- Oui il faut manger du gras pour maintenir en bon état le cerveau, qui est l'organe le plus gras du corps humain, après le tissu adipeux,
- Non le lait et les œufs ne sont pas des aliments néfastes pour l'homme,
- Non le cholestérol n'est pas un problème majeur de santé publique, par contre les carences en fer et en iode le sont, elles.

Je ne résiste pas non plus à citer, aussi, les « découvertes scientifiques » que l'auteur de l'ouvrage m'a permis de faire, ce dont je l'en remercie :

- L'importance d'équilibrer son alimentation sur 15 jours,
- La potentialisation et la compétition, selon le cas, des micronutriments entre eux,
- L'importance du TVG (temps de vidange gastrique) et de l'index glycémique.

A mon sens, la lecture préalable du « Programme pour bien nourrir votre cerveau » de Jean-Marie Bourre devrait être une obligation à qui s'arroge le droit de donner des « conseils nutritionnels ».

**Lycée agricole et agroalimentaire d'Yvetot (Seine-Maritime)
Un siècle d'enseignement agricole public (1919-2019)¹**



Ouvrage collectif

Analyse de Christian FERAULT²

Le lycée agricole d'Yvetot vient d'avoir cent ans. Un événement ! Il est l'un des 54 établissements de la Normandie maintenant réunie qui gravitent autour d'un EPLEFPA (Établissement public local d'enseignement et de formation professionnelle agricole). Quel sigle difficile à mémoriser, mais ô combien exact quant à ses missions en considérant son intitulé développé !

Communément nommé le « LAY », cet établissement a une longue et brillante histoire et un actuel efficace, et il est connu et reconnu bien au-delà de son beau et attachant pays normand.

¹ Ouvrage collectif dont le texte appartient à l'Amicale des anciens élèves du lycée, mai 2019, 326 p., 20 €. On y note des écrits du Secrétaire perpétuel de l'AAF Constant Lecoer ainsi que de son épouse Hélène.

² Directeur de recherche honoraire de l'INRA, Vice-secrétaire honoraire de l'Académie d'agriculture de France.

Copyright Académie d'agriculture de France, 2019.

Comme beaucoup, il est issu de la mise en œuvre – très progressive – du décret du 3 octobre 1848 qui a jeté les bases de l'enseignement agricole public dans notre pays : une ferme-école à Aumale en 1888 mais éphémère, une école départementale en 1919, puis régionale et enfin un lycée agricole avec un développement en son sein d'un secteur agroalimentaire puis d'un centre de ressources et de documentation. Des personnalités marquantes l'ont eu en responsabilité.

Aujourd'hui, sous le terme NaturaPÔLE, il s'agit d'une structure départementale répartie en quatre campus (Yvetot bien sûr, Envermeu, Hortithèque et le Pays de Bray) accueillant 2 100 « apprenants », comme on dit aujourd'hui.

Un ensemble impressionnant situé dans un même département, avec des vocations différentes correspondant à des régions et besoins bien identifiés.

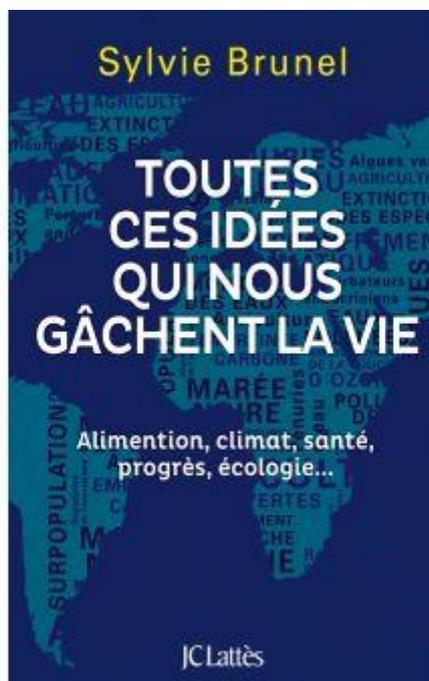
Il y avait bien sûr matière à célébrer l'événement, et l'Amicale des anciens élèves n'a pas ménagé sa peine en synergie avec les forces vives de l'établissement pour aboutir à un remarquable volume de plus de 300 pages, agréable à découvrir et remarquablement illustré de clichés d'archives et de documents divers ayant fait date.

Après les présentations accoutumées, le contenu du livre est réparti entre cinq chapitres d'ampleur adaptée :

- l'histoire de l'enseignement agricole décrite en parallèle de l'évolution du monde, une partie richement documentée ;
- la genèse de l'établissement dans laquelle, il est revenu également sur l'histoire. On y trouve de façon détaillée son évolution et celle du Centre de formation professionnelle et de promotion agricole (CFPPA) ;
- l'Amicale des anciens élèves, créée en 1949 : en une cinquantaine de pages très richement illustrées, on y découvre ses rôles, ses évolutions et de nombreuses anecdotes ;
- l'évolution des ateliers et outils de formation. Elle part, bien entendu, de l'exploitation agricole, en situe ensuite les évolutions considérables pour arriver aux laboratoires et au hall des supports pédagogiques avant une place à l'informatisation puis à l'usage du numérique et une grande spécificité et richesse de l'enseignement agricole, l'éducation socio-culturelle. Sont aussi indiqués les activités des élèves et les engagements de coopération internationale de l'établissement ;
- des témoignages enfin, occupant une petite centaine de pages, émanant d'anciens acteurs : présidents, proviseurs, enseignants, autres personnels, artistes en résidence... Leurs textes, courts mais allant à l'essentiel, sont stimulants sans être trop nostalgiques. On y sent le bonheur des acteurs d'avoir été présents à Yvetot un temps qui a pu être très long.

Des annexes utiles complètent cet ensemble conséquent. On y trouve entre autres indication des partenaires, mention nécessaire de l'association « Clos-masure », et indication des festivités ayant eu lieu... toutes portées par un regard sur l'avenir. On se sent bien !

Ce livre est à recommander – outre aux nombreux acteurs certes déjà convaincus – à toutes celles et tous ceux voulant affiner leur regard sur un enseignement particulièrement immergé dans le réel, en lien intime avec la profession au sens large et constituant un modèle de réponse aux besoins et d'insertion réussie. Yvetot présente un excellent exemple de la place et des apports de l'enseignement agricole à la Société... qui a tant besoin de repères de ce type !



par Catherine **REGNAULT-ROGER**

Membre de l'Académie d'agriculture de France et membre correspondant de l'Académie nationale de Pharmacie- Professeur des universités émérite à l'Université de Pau et des pays de l'Adour

Sylvie Brunel est un auteur¹ au parcours atypique. Après une formation initiale de journaliste et des études juridiques, elle poursuit en géographie et économie avec l'obtention d'un doctorat. Spécialiste des questions de développement, elle a travaillé pendant plus de quinze années dans l'humanitaire pour Médecins sans frontières puis pour Action contre la faim (ACF) dont elle sera la présidente en 2001-2002 avant d'exercer comme professeur des universités à l'Université Paris IV-Sorbonne. Essayiste et écrivain, elle a publié une trentaine d'ouvrages consacrés au développement et la lutte contre la famine, avec deux titres consacrés plus particulièrement à des productions agricoles emblématiques : le maïs (*Géographie amoureuse du maïs*, 2012) et la pomme (*Croquer la pomme* 2016).

Pourquoi cette présentation de manière si détaillée des compétences de l'auteur ? Sans doute pour souligner une polyvalence et une expérience aux nombreuses facettes faite de réalités de terrain et de savoir-faire, autant que d'érudition reposant sur un socle solide de connaissances diversifiées.

¹ On se réfère au rapport sur la féminisation des noms de métiers et de fonctions publié le 1^{er} mars 2019. <http://www.academie-francaise.fr/actualites/la-feminisation-des-noms-de-metiers-et-de-fonctions>

En effet, il en fallait pour s'attaquer aux idées reçues dans des domaines aussi différents que le climat, la santé, l'alimentation, la biodiversité ou l'écologie.

D'une plume alerte doublée du sens de la formule, avec une écriture qui fait mouche, l'auteur étrille les poncifs, les faux prétextes et les raisonnements boiteux qui étayent la collapsologie ambiante, « cette science du désastre qui fait recette et démobilise au lieu de nous galvaniser pour rechercher des solutions durables », selon l'interview qu'elle donna au journal Atlantico².

A partir d'exemples concrets, elle s'interroge sur des indicateurs qui se sont déconnectés des réalités, sur des interprétations biaisées ou encore l'idéalisation de la Nature. Au fil des pages se dégage un grand plaidoyer pour le progrès dans lequel la gestion des ressources doit s'accompagner de la compréhension des phénomènes et de l'émergence de nouvelles techniques... et de la dénonciation des idées fausses qui polluent les esprits !

Avant de conclure, deux chapitres aux titres évocateurs « Sauver l'élevage » et « Rendons leur fierté à nos agriculteurs » revisitent les reproches qui sont fait à l'activité agricole de notre pays (trop productive, trop polluante pour les adeptes de l'*agribashing*), pour mieux les dépasser et ré-affirmer des évidences que notre mémoire collective ne devrait pas oublier, sur l'importance de manger à sa faim et d'avoir façonné nos riants paysages « si naturels »... mais si co-construits !

Écrit dans un langage simple et populaire avec une verve ciselée et joyeuse, ce livre de 250 pages de Sylvie Brunel, est destiné au grand public et très facile à lire. Il vise, si vous me passez l'expression, à « remettre les pendules à l'heure », ou comme le souligne l'auteur à lutter contre « les discours accusateurs des tenants de l'apocalypse ». ³ Il s'agit bien d'un cri, non pas celui de l'effroi et de l'anxiété devant l'innommable que symbolise le tableau expressionniste de l'artiste norvégien Edvard Munch, mais le cri de la révolte.

Dédié « *À mes enfants qui ont la chance de vivre dans un monde bien meilleur que celui où j'ai grandi* », cet ouvrage s'évertue, vous l'avez compris, à donner l'espoir dans « un processus infini de création de ressources, qui suppose l'éducation et la coopération⁴ » et à réconcilier l'homme avec le futur de sa planète. C'est pourquoi je ne peux que recommander chaleureusement cette lecture qui reconforte, et fait entendre, loin d'un discours général pessimiste, une petite musique basée sur le bon sens.

² Atlantico 5 Mai 2019 Panique morale sur l'environnement : ces idées fausses qui polluent de plus en plus le débat politique, <https://www.atlantico.fr/decryptage/3571766/panique-morale-sur-l-environnement--ces-idees-fausses-qui-polluent-de-plus-en-plus-le-debat-politique-collapsologie-ecologie-rechauffement-climatique-sylvie-brunel->

³ www.babelio.com/livres/Brunel-Toutes-ces-idees-qui-nous-gachent-la-vie/1139880

⁴ Atlantico 5 Mai 2019, opus cit.

***PROVISION OF MULTIPLE ECOSYSTEM SERVICES
BY CRUCIFER-LEGUME COVER CROP MIXTURES***

Thèse de **Antoine COUËDEL**¹

Analysée par **Marie-Hélène JEUFFROY**²

Directeurs de thèse : Eric JUSTES (Chercheur, CIRAD Montpellier) et Lionel ALLETTO (Chambre Régionale d'Agriculture Occitanie)

La thèse soutenue par Antoine Couëdel se situe dans le mouvement actuel des recherches et d'un développement des pratiques agricoles vers l'agroécologie. Antoine Couëdel a ainsi étudié le rôle des associations crucifères-légumineuses, cultivées en interculture (pendant la période située entre deux cultures de rente) dans la fourniture de divers services écosystémiques, indispensables à un accroissement de la durabilité des systèmes.

La thèse vise à quantifier les services liés à l'N, au S et au biocontrôle de couverts associés pluri-spécifiques crucifères-légumineuses, cultivés en interculture : effets sur la biofumigation et sur le contrôle des bio-agresseurs, effets sur les services d'engrais vert et de couvert piège à N et S, compréhension des interactions (complémentarité, compétition) entre les deux espèces impliquées dans la production de biomasse et dans l'acquisition du N et du S, contenu et production de glucosinolates par les crucifères selon leur mode de conduite.

Cette thèse est la première étude qui permet de proposer une synthèse qualitative et une quantification des effets des cultures intermédiaires sur différents services écosystémiques, déterminants pour mettre en œuvre l'agroécologie. L'hypothèse est que les crucifères, grâce à leur forte capacité d'absorption d'éléments minéraux, pourraient jouer un rôle déterminant dans la réduction de lixiviation en soufre et nitrate, et, grâce à leur capacité de production de glucosinolates, des effets sur la réduction des maladies et des adventices. L'ajout de légumineuses pourrait permettre d'accroître l'effet de biocontrôle des crucifères, en réduisant les pathogènes auxquelles elles seraient sensibles, et d'accroître les services fournis, notamment en engrais vert, sans réduire ceux fournis par les crucifères.

En termes de résultats, la thèse combine une importante revue de la littérature sur les effets attendus de la bio-fumigation (chapitre 1). Puis elle quantifie la capacité de piégeage de l'N et du S, en comparant des associations légumineuses-crucifères aux espèces cultivées en pur (chapitre 2). Dans une troisième partie, elle quantifie des éléments du cycle du S : capacité de piégeage du S et fourniture de S à la culture suivante. Le chapitre suivant quantifie la production de glucosinolates par l'association cultivée en interculture. Enfin, le dernier chapitre propose une approche systémique pour évaluer les services écosystémiques fournis par les cultures intermédiaires, en proposant des clés pour leur sélection.

La revue de littérature est publiée dans *Advances in Agronomy*, la meilleure revue d'agronomie classée dans le WoS. Elle s'attache à synthétiser les effets des crucifères sur les bio-agresseurs et les effets attendus sur les microorganismes du sol, en vue d'évaluer sa capacité pour le biocontrôle. D'autre part, elle analyse l'intérêt d'associer une légumineuse

ANALYSES DE THÈSES

sur les processus et les services étudiés. Ce chapitre montre tout l'intérêt d'associer ces deux types d'espèces pour atteindre un bouquet de services, nécessaires à l'agroécologie.

Le chapitre 2 montre, sur la base d'expérimentations au champ sur deux sites et deux années, l'intérêt d'associer crucifères et légumineuses pour assurer à la fois une réduction de la lixiviation de N et S et une capacité du couvert intermédiaire à fournir un effet d'engrais vert. Ce chapitre est publié dans une autre excellente revue, *Agriculture, Ecosystems and Environment*.

Le chapitre 3 est également publié dans une excellente revue, *Plant and Soil*. A partir des mêmes expérimentations, il montre que l'association de légumineuses ne réduit pas la capacité du couvert à réduire la lixiviation des sulphates, par rapport à un couvert de crucifères seules, et ne réduit pas non plus la capacité du couvert à accumuler et à fournir du S à la culture suivante.

Le chapitre suivant, sur la production de glucosinolates, est également publié dans une très bonne revue d'agronomie, *European Journal of Agronomy*. Les mêmes expérimentations montrent que la production de glucosinolates, par unité de biomasse végétale, est équivalente en association et en culture pure.

Le dernier chapitre résume de manière opérationnelle, les effets des associations crucifères-légumineuses, et donne des clés de choix aux agriculteurs et aux sélectionneurs. Enfin, une dernière partie est proposée à nouveau dans *Advances in Agronomy* : elle synthétise les processus biologiques impliqués dans le contrôle des bio-agresseurs par des couverts intermédiaires.

Sur un sujet tout à fait nouveau, aussi bien par l'objet étudié (les cultures intermédiaires) que certains processus biologiques analysés (production de glucosinolates, effets de bio-fumigation), la thèse apporte des connaissances scientifiques solides et des connaissances opérationnelles pour raisonner le choix et la sélection des espèces à cultiver pendant cette période de l'année, longtemps délaissée dans les travaux scientifiques et pourtant déterminantes, à la fois pour maîtriser des impacts environnementaux (lixiviation) et pour maîtriser des processus biologiques affectant l'état sanitaire des cultures suivantes.

Le travail scientifique est d'une qualité exceptionnelle, combinant des résultats très fins sur les processus biologiques et des résultats opérationnels pour le choix des cultures intermédiaires. Dès la soutenance, le doctorant avait déjà publié quatre articles dans les meilleures revues du domaine, ce qui est exceptionnel. De plus, il faut souligner que l'objet d'étude est à la fois original, et déterminant pour la progression de l'agroécologie. C'est pourquoi, cette thèse mérite amplement une valorisation sur le site de l'Académie d'agriculture de France

ANALYSER LES TRANSFORMATIONS AMBIVALENTES DE L'AGRICULTURE ALLEMANDE EN LIEN AVEC LA MÉTHANISATION AU PRISME DU CONCEPT DE MULTIFONCTIONNALITÉ

Paul JUTTEAU¹

Jean-Paul CHARVET²

Directeurs de thèse :

Professeur Tim FREYTAG Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Professeur Guillaume LACQUEMENT, Université Perpignan-Via Domitia

ANALYSES DE THÈSES

Cette thèse de doctorat franco-allemand a été élaborée en cotutelle sous la direction de professeurs des Universités de Perpignan et de Fribourg-en-Brisgau. Cette thèse de géographie a été soutenue le 6 novembre 2018 à l'Université de Perpignan *Via Domitia*. La thèse rédigée en français occupe plus de 490 pages. Elle est suivie d'un résumé très développé, rédigé en langue allemande, qui occupe plus de 70 pages.

Une fois mis à part un titre un peu trop long et inutilement compliqué, ce très gros travail de recherche présente de très grandes qualités. Conduit de façon rigoureuse et scientifique, il présente des analyses minutieuses des relations complexes qui existent entre transformations de l'agriculture et développement de la méthanisation en Allemagne.

L'auteur a su au départ présenter de façon très précise les cadres théoriques de ses enquêtes de terrain en revisitant les concepts de « multifonctionnalité » (plus ou moins marquée) et de « capital territorial ». Sur ce thème, il a su intégrer les apports de nombreuses publications scientifiques rédigées aussi bien en allemand et en français qu'en anglais et expression de cultures scientifiques nationales différentes. (Parmi les membres du jury figurait également un professeur britannique).

Quant aux enquêtes, elles ont été effectuées dans quatre régions « bioénergétiques » (« *bioenergieregion* ») allemandes, dont deux situées dans l'ancienne RDA. Elles rassemblent plus de 70 entretiens semi-directifs réalisés sur 70 sites et ont permis de proposer une typologie originale des relations qui se sont établies entre transition énergétique au travers de la méthanisation et transformations des agricultures.

Six grands types de trajectoire sont présentés et analysés de façon très fine et toujours nuancée. En simplifiant beaucoup des relations, en fait très complexes et pour expliquer le mot « ambivalence » qui figure dans le titre de la thèse, on peut considérer que les développements de la méthanisation peuvent engendrer, en fonction de la nature des investisseurs (agricoles et non agricoles) et des besoins et objectifs des agriculteurs, soit des ancrages territoriaux (des « intégrations locales »), soit des intégrations à des activités agro-industrielles. Les développements de la méthanisation ne s'accompagnent pas forcément d'une « désintensification » de la production agricole... même si un « productivisme raisonné » l'emporte. Le rôle des contextes agricoles et agroindustriels régionaux se fait sentir dans ce domaine.

Les nombreuses illustrations qui accompagnent cette thèse constituent bien davantage que de simples illustrations : en constituant autant de remarquables synthèses graphiques des résultats de la recherche, elles sont pleinement intégrées à la progression de la réflexion et facilitent la lecture d'un texte pourtant déjà très bien écrit.

La lecture de ce gros travail universitaire portant sur les relations entre méthanisation et agriculture en Allemagne ne manquerait pas d'apporter beaucoup à tous les professionnels qui s'intéressent en France, de façon plus globale ou plus locale, à cette question. Sur un plan purement universitaire il a obtenu la mention la plus élevée qu'il était possible de lui attribuer : Paul Jutteau a été déclaré Docteur de l'Université de Perpignan **et** Docteur de l'Université de Fribourg-en-Brisgau avec la mention « *Summa cum laude* ».

Donc un travail de thèse de **qualité exceptionnelle** qui mériterait, à plus d'un titre, de retenir l'attention de l'Académie d'agriculture de France et d'être valorisé par la publication de cette analyse sur le site de l'Académie.

ROUISSAGE AU SOL DU CHANVRE INDUSTRIEL (*CANNABIS SATIVA L.*) : DYNAMIQUE SOUS ENVIRONNEMENT CONTROLÉ ET MODÉLISATION.

Thèse de Laurent **BLEUZE**¹

Analysée par Daniel **Tessier**²

Directrices de thèse :

Sylvie RECOUS, Directrice de recherche INRA
Brigitte CHABBERT, Chargée de recherche INRA
Gwenaëlle LASHERMES, Chargée de recherche INRA

En Europe, le lin et le chanvre industriel sont les principales plantes à fibres et leur usage remonte à l'Antiquité. Dans le domaine des matériaux, les fibres végétales représentent une solution prometteuse pour se substituer aux fibres synthétiques ou d'origine minérale. Pour le chanvre, on voit apparaître de nouvelles valorisations comme la fabrication de matériaux composites substitués de ceux issus de l'industrie chimique, ou encore pour l'élaboration de bétons armés pour lesquels leur durabilité pose question du fait de l'augmentation du volume des métaux ferreux lors de leur oxydation. L'intérêt du chanvre est de disposer d'une fibre naturelle, au module d'élasticité intéressant et susceptible de remplacer de nombreux matériaux synthétiques.

L'exposé de la thèse commence par la partie bibliographique qui permet au lecteur non averti d'en savoir plus sur la production de chanvre industriel dans le monde, son intérêt agronomique, ses modes de cultures et de récolte, la structure et les propriétés des fibres, la valorisation de la culture dans différents secteurs d'activité. Ce chapitre traite principalement du rouissage au champ, technique qui facilite le défibrage des tiges et limite les altérations liées au traitement mécanique du chanvre après rouissage. L'étape du rouissage conditionne en effet la qualité des fibres, en particulier leur structure et leurs propriétés. Plus précisément le rouissage au champ est un processus qui, grâce à une dégradation microbienne sélective des tissus externes des tiges, conduit à la dissociation partielle des fibres cellulosiques extraxylémiennes, facilitant leur extraction mécanique ultérieure. Ce chapitre est pédagogique, bien documenté et fournit les éléments essentiels pour positionner la thèse et discuter des résultats acquis.

Le second chapitre est consacré à la mise au point d'un dispositif expérimental original visant à conduire des essais de rouissage au laboratoire sous différents scénarios contrôlés d'humidité, de température de l'air et de pluviométrie. Sans entrer dans le détail, les conditions expérimentales se proposent d'être en phase avec les conditions climatiques prévalant dans la région de provenance des cultures de chanvre. La progression du

¹ Thèse de doctorat pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Reims-Champagne-Ardenne, ED Sciences Technologie Santé (547) Discipline : Sciences Agronomiques, Biotechnologies Agro-Alimentaires, Spécialité Sciences de l'Environnement, soutenue le 24 janvier 2019.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France (section 5, Interactions milieux-être vivants).

ANALYSES DE THÈSES

rouissage est suivie par l'évolution de la couleur et de l'absorbance dans l'infrarouge de la surface des tiges. Les modifications histologiques et de composition chimique ainsi que les activités enzymatiques ont été caractérisées. Des observations ont été réalisées au microscope électronique à balayage. On peut ainsi suivre la dynamique de colonisation du rouissage, notamment le gradient de colonisation microbienne vertical en fonction de l'humidité et de la position du paillis par rapport au sol.

Le troisième chapitre est consacré à l'influence de la date de coupe sur le rouissage, date de coupe qui modifie la composition chimique initiale et l'architecture des tiges, et leur colonisation et rouissage ultérieur par les microorganismes. L'auteur montre des différences entre les tiges fauchées à pleine floraison (appelé mode non battu) et celles récoltées à maturité physiologique permettant la valorisation des graines et de la paille (appelé mode battu). L'approche expérimentale adoptée compare la progression du rouissage et permet de quantifier précisément les différences induites pour l'obtention d'un rouissage optimal, 28 jours à 15°C pour les tiges récoltées à floraison, et 42 jours à 15°C pour les tiges obtenues à maturité du chanvre. Ces éléments fournissent des connaissances sur les mécanismes en jeu lors de la colonisation par les micro-organismes en vue de leur modélisation dans le chapitre suivant.

Le quatrième chapitre détaille la démarche de modélisation des processus et facteurs mis en évidence précédemment. La plate-forme « Sol Virtuel » fournit un environnement complet sur les processus à l'interface sol-plante-atmosphère. Le modèle s'inspire de celui dédié au processus de décomposition des résidus de récolte à la surface du sol. Deux modules séparés ont été adaptés afin de prendre en compte les spécificités du rouissage au champ. Le premier module vise à décrire la dégradation microbienne des constituants pariétaux en fonction de l'humidité et de la température du paillis. Ce module intègre les phases de croissance de la microflore, notamment en fonction de l'humidité. Le second module intègre notamment les flux d'eau liés aux apports provenant des précipitations, de la rosée et aux pertes d'eau dues à l'évaporation. Des simulations ont été réalisées et discutées pour différents stades de maturité sous conditions de rouissage contrôlées.

La discussion générale et conclusion font ressortir les points importants du mémoire. Elles montrent en particulier l'importance de la teneur en eau comme facteur pilotant le rouissage. Sans négliger d'autres facteurs, les perspectives engagent à poursuivre des approches d'écologie microbienne et notamment le processus de colonisation par les microorganismes, permettant de lever les verrous sur la compréhension des mécanismes entrant dans le rouissage des paillis de chanvre. Plusieurs publications scientifiques et communications orales ont valorisés ce travail.

Sous sa forme le mémoire est clair, précis et rigoureux, richement illustré et accessible au plus grand nombre. Au total ce mémoire apparaît innovant, avec une grande maîtrise de la démarche scientifique, avec une prise de risque qui honore le candidat et ses encadrants, et qui rend les avancées obtenues d'autant plus méritoires, ce que confirment les rapporteurs de la thèse et le rapport de soutenance. Partant d'une gestion du rouissage au champ encore très empirique et basée sur des indicateurs visuels, ce mémoire fournit des éléments pour un meilleur contrôle du rouissage pour une extraction optimale des fibres, mais aussi pour une meilleure gestion agronomique en fonction de la date de coupe, et *in fine* pour le choix des cultures. Ce travail doit aider la filière de valorisation du chanvre industriel à se développer dans notre pays et au candidat de proposer ses compétences aussi bien dans le domaine agronomique que dans la filière industrielle. On n'a pas encore fait le tour des applications potentielles du chanvre textile. Pour l'agriculteur le chanvre apparaît comme une tête d'assolement intéressante et rustique n'ayant pas de besoin particulier en pesticides, insecticides ou fongicides. Cette plante est adaptée aux sols profonds, notamment ceux du

ANALYSES DE THÈSES

nord de la France. Cette culture doit permettre une diversification de l'agriculture intéressante en cette période d'incertitude, et reste certainement une filière à se développer et à se structurer.

Du point de vue de l'industriel la fibre de chanvre présente le taux d'élongation le plus faible des fibres végétales. Outre ses qualités intéressantes inhérentes aux fibres textiles végétales de nombreuses applications industrielles devraient encore voir le jour.

Ce travail mérite, sans réserve, d'être valorisé par sa mise sur le site de l'Académie d'agriculture de France.

Référence :

BLEUZE Laurent, LASHERMES Gwenaëlle, ALAVOINE Gonzague, RECOUS Sylvie, CHABBERT Brigitte, 2018. – *Tracking the dynamics of hemp dew retting under controlled environmental Conditions, Industrial Crops & Products*, **123**, 55–63.

CONFORMATION 3D DU GÉNOME ET EXPRESSION GÉNIQUE DANS LA CELLULE MUSCULAIRE PORCINE EN FIN DE GESTATION

Thèse de Maria **MARTI-MARIMON**¹

Analysée par Hélène **JAMMES**²

Directeur de thèse : Dr Martine YERLE, directrice de recherche à l'Unité GenPhySE à l'INRA

Co-directeur : Dr Sylvain FOISSAC, Chargé de Recherche à l'Unité GenPhySE à l'INRA

Ce travail de thèse a été effectué au sein de l'Unité GenPhySE, Unité Génétique, Physiologie et système d'élevage, (INRA, Castanet Tolosan). Le manuscrit est en anglais, ce qui en favorise la lecture par un large public de scientifiques depuis sa publication par l'institut National Polytechnique de Toulouse. Ce manuscrit est particulièrement didactique, très agréable à lire et présente une iconographie illustrant un texte bien documenté.

En élevage, la sélection a favorisé la prolificité des truies, au détriment de la survie des porcelets. La question initiale de ce travail de thèse était de décrypter les processus moléculaires *in utero* mis en jeu chez le porcelet aboutissant à une restriction du développement musculaire souvent associée à une mortalité en périnatale. Maria Marti-Marimon a mis en œuvre une combinaison d'approches de recherche fondamentale mêlant

¹ Thèse de doctorat soutenue le 9 novembre 2018, en vue de l'obtention du Doctorat de l'Université de Toulouse, délivré par l'Institut National Polytechnique de Toulouse, ED SEVAB - Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingenieries, Spécialité : Pathologie, Toxicologie, Génétique et Nutrition, UR GenPhySE- Unité génétique, Physiologie et Systèmes d'Élevage.

² Directrice de recherche à l'INRA, Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France (section 6 – Sciences de la vie).

ANALYSES DE THÈSES

de la biologie moléculaire fournissant des données haut débit d'expression de gènes et des données de conformation de la chromatine (High-throughput Chromosome Conformation Capture (Hi-C)), de biologie cellulaire (analyse, cytogénétique, 3D DNA Fluorescence *in situ* Hybridation) et de bio-statistique (« Gaussian Graphic Models » ; établissement de réseaux de gènes co-régulés) permettant une intégration de données hétérogènes et l'inférence des réseaux de gènes. Dans son manuscrit, Maria Marti-Marimon fait preuve d'une grande maîtrise de l'ensemble de ces approches ; elle fait une interprétation des données avec pertinence et recul, démontrant ainsi d'une grande maturité scientifique.

Les données obtenues sont originales et soulignent l'importance des processus impliqués, l'architecture nucléaire et sa dynamique pour fournir les clés de régulations spatio-temporelles de l'expression des réseaux de gènes, eux-mêmes responsables de la différenciation cellulaire, du développement des tissus et des fonctions physiologiques. En comparant deux stades de la gestation correspondant à des phases clés du développement musculaire *in utero*, ce travail met en évidence des réseaux de gènes particulièrement importants : en outre les gènes *IGF2* (insulin-like growth factor 2), *DLK1* (delta like non-canonical Notch ligand 1) et *MYH3* (myosin heavy chain 3) présentent non seulement une expression coordonnée mais de plus une co-localisation nucléaire¹. Cette étude souligne aussi l'importance des gènes *MYOD1* (Myoblast determination protein 1) et *CTNNB1* (gène de *la beta-catenin 1*), codant pour des facteurs de transcription orchestrant l'expression des gènes *IGF2* et *DLK1*. Enfin ce travail démontre une évolution de l'organisation 3D du génome des cellules musculaires au cours de la gestation. Non seulement il y a un changement d'organisation entre les deux stades étudiés, mais aussi un changement de compartiments nucléaires pour des régions génomiques d'intérêt pour ces cellules.

Cette thèse offre une nouvelle vision des régulations géniques impliquant l'architecture nucléaire au cours de la mise en place des tissus musculaires dans l'espèce porcine et ouvre de nouveaux champs d'investigations pour élucider les différences entre races en termes de survie des porcelets.

Ces travaux de thèse de Maria Marti-Marimon méritent une valorisation par la mise sur le site de l'Académie d'agriculture de France de cette analyse.

- (1) MARTI-MARIMON M., VIALANEIX N., VOILLET V., YERLE-BOUISSOU M., LAHBIB-MANSAIS Y. & LIAUBET L. – A new approach of gene co-expression network inference reveals significant biological processes involved in porcine muscle development in late gestation. *Sci Rep.* 2018 Jul 5;8(1):10150. doi: 10.1038/s41598-018-28173-8
- (2) FOISSAC S., DJEBALI S., MUNYARD K., VIALANEIX N., RAU A., MURET K., ESQUERRE D., ZYTNICKI M., DERRIEN T., BARDOU P., BLANC F., CABAU C., CRISCI E., DHORNE-POLLET S., DROUET F., GONZALEZ I., GOUBIL A., LACROIX-LAMANDE S., LAURENT F., MARTHEY S., **MARTI-MARIMON M.**, MOMAL-LEISENRING R., MOMPART F., QUERE P., ROBELIN D., SAN CRISTOBAL M., TOSSER-KLOPP G., VINCENT-NAULLEAU S., FABRE S., PINARD-VAN DER LAAN MH., KLOPP C., TIXIER-BOICHARD M., ACLOQUE H., LAGARRIGUE S., GIUFFRA E., 2018. – Livestock genome annotation: transcriptome and chromatin structure profiling in cattle, goat, chicken and pig. Submitted to *Genome Biology*.
- (3) LAHBIB-MANSAIS Y., **MARTI-MARIMON M.**, BARASC H., MOMPART F., IANNUCELLI E., ROBELIN D., RIQUET J., YERLE-BOUISSOU M., 2016. –

Expressed alleles of imprinted IGF2, DLK1 and MEG3 colocalize in 3D-preserved nuclei of porcine fetal cells. *BMC Cell Biology* **17**(1):35.

LES LIQUIDES AMNIOTIQUE ET ALLANTOÏQUE DE L'ŒUF DE POULE : CARACTÉRISATION ET RÔLES DANS LA PROTECTION DE L'EMBRYON AU COURS DU DÉVELOPPEMENT

Thèse de Mylène **DA SILVA**¹

Analysée par Michel **DUCLOS**²

Directrice de thèse : Sophie REHAULT-GODBERT, BOA (Biologie des Oiseaux et Aviculture) Chargé de recherche INRA, Université de Tours, 37380 Nouzilly

L'œuf de poule est une enceinte close au service du développement du futur poussin. Il contient pour l'ovule fécondé tous les nutriments nécessaires au développement et assure sa protection vis-à-vis du milieu extérieur. L'équipe qui accueillait la doctorante avait déjà caractérisé nombre de protéines à activité bactérienne dans les différents composants de l'œuf non fertile, destiné à la consommation humaine. Le travail de thèse reposait sur l'hypothèse que le développement d'un embryon et de ses annexes embryonnaires devait modifier, non seulement la structure interne de l'œuf, mais aussi les protéines qu'il contient et leur activité. La compréhension des mécanismes de défense de l'œuf est un préalable à la maîtrise de l'éclosabilité des œufs et donc de la production de poussins, secteur économique capital qui fournit chaque année de l'ordre d'un milliard d'œufs à couvrir en France. Avec un taux de succès de l'ordre de 90%, la perte est donc de 100 millions de poussins par an, dont une moitié due à des infertilités et l'autre à des mortalités embryonnaires précoces ou tardives qui pourraient s'expliquer pour partie par des mécanismes étudiés dans ce travail.

Les deux rapporteurs de la thèse, chercheurs renommés de l'INRA et de l'INSERM, se sont accordés sur la qualité du manuscrit de thèse qui présente le contexte bibliographique puis le travail expérimental de manière soignée et extrêmement didactique. Ils ont aussi souligné la qualité des résultats publiés sous forme de deux publications originales dans des revues internationales de rang A, et l'implication de l'étudiante dans trois revues de synthèse dont une en première auteure.

L'examen du manuscrit de thèse et des publications nous permet de confirmer ces évaluations. La candidate a mené une recherche rigoureuse, s'appuyant sur un large éventail d'approches méthodologiques allant de la physico-chimie et de la biochimie à l'analyse protéomique, en passant par l'étude d'activités biologiques *in vitro* (activités protéasiques et activités antibactériennes). Elle a su interpréter ses résultats analytiques en utilisant différentes approches relevant des statistiques et de la bio-informatique et les discuter en s'appuyant sur une analyse approfondie de la bibliographie allant des références classiques depuis les années 1960 jusqu'aux plus récentes.

ANALYSES DE THÈSES

Nous nous sommes intéressés aux publications de la doctorante, qui constituent la base du travail expérimental décrit dans le manuscrit de thèse.

Le premier travail porte sur l'étude des fluides amniotique et allantoïque, de leurs propriétés physicochimiques, ainsi que de leur composition en protéines au cours de l'incubation. Il est publié dans *Poultry Science*, un journal classé excellent dans le domaine des Sciences Animales. Le résultat majeur porte sur l'évolution du contenu protéique du liquide amniotique avec un afflux massif de protéines issues du blanc d'œuf au 12^{ème} jour d'incubation. Ces protéines peuvent être associées à la nutrition de l'embryon et à des activités antibactériennes. Le liquide allantoïque contient des protéines issues du jaune d'œuf, dont la concentration ne varie pas sensiblement avec le stade d'incubation. Dans les deux liquides, la doctorante a identifié des activités protéolytiques portées par des métalloprotéases et des protéases à sérine. Ce travail de recherche fondamentale apporte des arguments en faveur d'un rôle important des deux fluides lors du développement embryonnaire, et notamment dans la nutrition de l'embryon et dans la protection vis-à-vis d'éventuelles contaminations bactériennes.

Le second travail porte sur une caractérisation détaillée des protéines présentes dans le fluide amniotique au jour 11 de l'incubation, avant l'afflux massif de protéines du blanc décrit dans le premier travail. Il est publié dans *Molecular and Cellular Proteomics*, un journal de référence pour les études de protéomique. La composition protéique de ce fluide est comparée expérimentalement à celle du fluide amniotique d'embryons de 16 jours et à celle du blanc d'œuf. Ce travail a permis l'identification de 91 protéines non redondantes, associées au métabolisme des nutriments, à la réponse immune ou à des processus développementaux. Pour la plupart, elles sont issues de l'œuf (blanc et jaune dans une moindre mesure) par diffusion passive, mais au moins une protéine majeure l'alpha-feto protéine est d'origine fœtale. Nombre d'entre elles présentent une activité antibactérienne vis-à-vis de *Salmonella enteritica* Enteritidis ou de *Listeria monocytogenes*, activité qui augmente avec l'afflux de blanc d'œuf dans le liquide amniotique au stade ED12. La doctorante compare ensuite ces protéines à celles décrites dans le fluide amniotique humain et en identifie 48 qui sont homologues. Les protéines du fluide amniotique humain sont beaucoup plus nombreuses, ce qui la conduit à formuler l'hypothèse qu'une partie du complément serait à rechercher dans le fluide allantoïque. Enfin, elle replace les protéines qu'elle a identifiées dans le fluide amniotique d'embryon de poulet dans une perspective évolutive plus globale grâce à une analyse phylogénétique. Certaines sont spécifiques des ovipares ou plus précisément des oiseaux.

Au total, ces résultats apportent de nouvelles connaissances importantes pour le développement embryonnaire du poulet et plus globalement pour la biologie comparée du développement des vertébrés. Ceci ouvre des perspectives pour une meilleure maîtrise de l'incubation d'œufs à couver. Une amélioration même modeste pourrait avoir des conséquences majeures sur la production française de poussins éclos, avec 10 millions de poussins pour 1% de succès supplémentaires. Certains des candidats identifiés dans la présente étude pourraient être des marqueurs pour évaluer l'efficacité de nouvelles stratégies d'incubation, sous réserve de pouvoir développer des mesures plus rapides et moins coûteuses. Ce travail ouvre donc des perspectives d'application sur le long terme.

En conclusion, ce travail original et de qualité ouvre des perspectives de recherches à court et moyen terme et d'application à plus long terme dans un secteur stratégique, celui de

l'accoupage. **Pour toutes ces raisons, il mérite amplement d'être valorisé sur le site de l'Académie d'agriculture de France.**

TRANSFORMATIONS DES SYSTÈMES DE PRODUCTION DU LAIT EN NOUVELLE-ZÉLANDE : PERTE D'AUTONOMIE ET FINANCIARISATION

Thèse de Mickaël **HUGONNET**¹

Analyse de Gilles **BAZIN**²

Directrice de thèse : Sophie **DEVIEUNE** : Professeure d'Agriculture comparée, Agroparistech

Soutenue en géographie et agriculture comparée à Agroparistech, la thèse de doctorat de Mickaël Hugonnet (516 pages et 170 pages d'annexes systématisant les résultats d'enquêtes) cherche à analyser les processus de développement des systèmes laitiers qui ont fait de la Nouvelle-Zélande le premier exportateur mondial de produits laitiers (en volume). Elle se propose d'expliquer et de caractériser l'orientation particulière prise par la production laitière en Nouvelle-Zélande qui a longtemps reposé sur des systèmes herbagers autonomes et économes avant de s'en détourner à partir des années 1990. Elle cherche également à comprendre les mécanismes du processus de financiarisation qui transforme profondément les structures laitières néozélandaises à partir des années 2000. Elle étudie enfin les conséquences de ces transformations des systèmes de production en termes de création et de répartition de la valeur ajoutée, en comparant les performances économiques et sociales des formes financiarisées et des exploitations familiales. Elle se conclue sur les perspectives d'évolution de la production laitière néozélandaise, entre perte d'autonomie et financiarisation.

Cette recherche mobilise le cadre théorique de l'agriculture comparée dans son analyse pluridisciplinaire de l'évolution technico-économique des systèmes agraires et le complète par les apports du courant anglo-saxon des « Agrarian studies » permettant d'affiner la compréhension et l'analyse des processus de financiarisation. Elle repose sur l'analyse-diagnostic de la situation agraire de deux régions agricoles. La haute vallée de Thames dans l'île Nord fait partie du bassin historique laitier néozélandais alors que la région de Selwyn dans l'île Sud, historiquement tournée vers la production ovine, a développé plus récemment sa production laitière avec des structures de firme. En 16 mois de terrain Mickaël Hugonnet a réalisé plus de 200 enquêtes (agriculteurs en activité et retraités, fournisseurs d'intrants, conseillers agricoles, banquiers, investisseurs...), travail qui lui a permis de dresser une typologie fine des systèmes de production et de comparer leurs résultats.

Les résultats de ces travaux sont particulièrement éclairants sur un espace peu travaillé par

¹ Thèse de doctorat préparée à l'Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (AgroParisTech) Spécialité : Géographie – Agriculture comparée, École doctorale n°581 Agriculture, alimentation, biologie, environnement et santé (ABIES) soutenue le 16 novembre 2018

² Membre de l'Académie d'agriculture de France (section 10 – Économie et politique).

ANALYSES DE THÈSES

la littérature scientifique francophone. L'emboîtement des échelles d'analyse (régional, national, mondial) permet de comprendre la place que tient aujourd'hui la Nouvelle-Zélande sur le marché laitier international et plus largement le rôle des politiques économiques (protectionnisme *versus* libéralisme) dans ces évolutions. Ainsi Mickaël Hugonnet montre l'importance du contexte économique et politique pour expliquer la résistance des systèmes laitiers herbagers omniprésents jusque dans les années 90, contrairement au processus d'intensification mis en œuvre dans la plupart des pays du Nord. Il montre également le rôle central de la libéralisation des importations néozélandaises à partir de 1985, qui a permis d'accélérer la capitalisation et l'intensification des systèmes laitiers, ce qui signifie une certaine perte d'autonomie technique et économique pour les exploitations familiales. Enfin, les faibles barrières à l'investissement étranger en Nouvelle-Zélande ont permis un afflux de capitaux (chinois notamment) à partir des années 2000 alors que le développement des systèmes laitiers demandait des capitaux de plus en plus importants, difficilement accessibles pour les exploitants familiaux.

L'analyse économique montre que les systèmes herbagers demeurent toutefois performants en termes de création de valeur ajoutée et de revenu agricole par hectare. De son côté, si la financiarisation de la production laitière a permis d'accélérer son développement sur l'île Sud, elle n'a pas conduit à la mise en œuvre de systèmes de production plus performants en termes de création de valeur ajoutée. En revanche, elle amène à ce qu'une part importante de cette valeur ajoutée soit captée par des investisseurs ne prenant pas part au processus productif. Finalement la question se pose de la pertinence du développement agricole à l'œuvre en Nouvelle-Zélande depuis les années 1990 du point de vue de la durabilité économique et environnementale.

La qualité et la rigueur du travail de Mickaël Hugonnet ainsi que ses apports sur un processus de financiarisation agricole à l'œuvre dans de nombreux Pays, mais peu ou pas étudié en Nouvelle-Zélande, méritent toute l'attention de notre section académique et sa valorisation sur le site de l'Académie.

ÉPIGÉNÉTIQUE DE LA SEMENCE BOVINE : ANALYSE MOLÉCULAIRE DE LA QUALITÉ DE LA SEMENCE ET IMPACT POTENTIEL SUR LE DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE

Thèse de Jean-Philippe **PERRIER**¹

Analyse de Jean-Paul **RENARD**²

Directeur de thèse : Hélène JAMMES, directrice de recherche INRA (Biologie du développement et reproduction)

Co-encadrant : Hélène KIEFER, chargée de recherche INRA (Biologie du développement et reproduction)

¹ Thèse de doctorat de l'Université de Paris-Saclay, préparée à l'Agro-ParisTech (Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement) ED 581, Agriculture, Alimentation, Biologie, Environnement et Santé (ABIES), présentée et soutenue le 14 décembre 2017 à Jouy en Josas.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, (Section 3, Production Animale).

ANALYSES DE THÈSES

Le travail de thèse de Jean-Philippe Perrier montre que des variations de méthylation de l'ADN, un des marqueurs des variations épigénétiques de l'ADN des spermatozoïdes, peuvent être utilisés comme de nouveaux biomarqueurs de la qualité de la semence bovine.

Les variations épigénétiques désignent les changements moléculaires sensibles à des facteurs de l'environnement qui modifient l'expression des gènes sans mutation de l'ADN. Elles sont transmises transitoirement par divisions mitotiques ou méiotiques, notamment sous la forme de marques biochimiques apposées sur l'ADN. La méthylation des cytosines de l'ADN est la plus étudiée pour caractériser la répartition de ces marques dans le génome et mesurer les variations du taux de méthylation à partir de celui des séquences répétées (Ilots CpG). Ces marques sont profondément remaniées au cours de la gamétogénèse et au début de l'embryogénèse et la méthylation différentielle de l'ADN des génomes parentaux est requise pour la réalisation d'un programme complet de développement. Elles modulent l'expression des gènes et contribuent aux variations de leur niveau d'expression.

La prédiction toujours plus grande de la valeur génétique d'un animal rendue possible par la sélection génomique développée chez les bovins depuis 2009, permet de commencer à utiliser les très nombreuses informations épigénétiques associées à la méthylation globale de l'ADN d'un génome et aussi à la méthylation différentielle (entre individus) de séquences géniques régulatrices connues pour être impliqués dans l'expression de caractère complexes et peu héréditaires comme, par exemple, la fertilité. Autrement dit, la plus grande précision de la sélection génomique qui associe directement données génotypiques et phénotypiques permet de commencer à prendre en compte les informations disponibles sur le patron de méthylation d'allèles associés à un haplotype donné.

Le travail de thèse de Jean-Philippe Perrier montre que le taux de méthylation globale de l'ADN du spermatozoïde bovin est particulièrement faible, 45 %, par comparaison à celui des spermatozoïdes d'autres espèces (béliers, boucs, étalons, verrats, souris mâles et Homme, 57 % à 76 %) alors que le niveau élevé de méthylation des cellules sanguines n'est pas différent. L'hypo méthylation du génome chez le bovin apparaît surtout concerner les cellules du sperme, elle pourrait être associée à la longueur des séquences répétées (ilôts GpG) du génome bovin.

Ce travail montre surtout que le taux global de méthylation du sperme varie selon les races des taureaux utilisées. Il est plus faible en race Holstein qu'en race Normande ou Montbéliarde et ce polymorphisme interracial semble concerner surtout les ilôts CpG et leur taux de méthylation.

Il met enfin en évidence des différences de méthylation entre taureaux d'âges différents au moment de la collecte de leur semence et identifie quatre régions de leur ADN spermatique, différenciellement hypométhylées.

Pourquoi ces résultats sont-ils importants ?

ANALYSES DE THÈSES

Les gènes, dont les régions promotrices se révèlent hypométhylées, codent pour des processus biologiques connus comme essentiels pour la fonction de reproduction tels que l'adhésion et la migration cellulaire, la méiose, le transport des ARNs et la régulation des voies de signalisation. La prévalence de ces fonctions est aussi trouvée chez la souris et l'homme. Les longues séquences répétées hypométhyles particulièrement abondantes dans le sperme de taureau, sont, chez la souris, la signature de bouffées d'activités transcriptionnelles nécessaire à la formation de l'hétérochromatine au début du développement embryonnaire.

Pour caractériser le patron de méthylation de l'ADN, Jean-Philippe Perrier a utilisé plusieurs techniques de la plateforme du laboratoire d'accueil, techniques minutieuses dont les résultats croisés permettent une bonne représentation de la complexité moléculaire et de la dynamique épigénétique : luminométrie (LUMA) ; immunoprécipitation de l'ADN méthylé (MeDIP), puis repérage des sites méthylés par fluorescence (cyamines) avant hybridation avec les séquences ADN, séquençage après conversion par bisulfite des cytosines méthylées en uracile. Les séquences ADN hybridées, d'environ 3000 paires de bases chacune, sont celles de la région promotrice de 22 000 gènes disposées sur lame de verre (microarray).

Le mérite de ce travail de thèse est de montrer que l'épigénétique pourrait devenir un atout pour la sélection bovine. La reproduction de cette espèce est aujourd'hui largement assurée par insémination des femelles avec du sperme congelé, près de 9 millions par an en France, ce qui permet une large diffusion des gènes à partir d'un pool de mâles de haute valeur génétique. La sélection génomique mise en place il y a à peine dix ans, dès la réalisation du séquençage complet du génome bovin, est devenue plus précise pour tous les caractères d'intérêt, quel que soit leur héritabilité, donc plus efficace. Mais ceci à la condition que les informations sur les phénotypes soient renouvelées et collectées à grande échelle pour pouvoir alors être utilisées pour l'étude des phénotypes complexes ou difficiles à prédire comme l'infertilité.

Jean-Philippe Perrier a pris toute la mesure d'exigence qui doit être apportée à l'organisation de ces informations, à leur exploitation à partir des techniques très sensibles qu'il a utilisées, à leur utilisation dans le cadre de la démarche expérimentale adoptée, enfin à l'évaluation de l'analyse critique de ces résultats. Cette rigueur est saluée par les deux rapporteurs. Les choix techniques retenues et les contrôles qualités utilisés à chaque étape intéresseront les acteurs de la sélection bovine pour une extension de ce travail au-delà du stade de la recherche.

Ce travail montre l'intérêt des bovins pour l'étude de la fertilité d'une population de mammifères. Des données recueillies à grande échelle sur les relations entre les caractéristiques de la semence et la fertilité individuelle des géniteurs mâles, sur la transmission de ces caractéristiques aux descendants mâles, sur l'impact de l'environnement (mode d'élevage des animaux, par exemple), deviennent disponibles.

La conservation des processus moléculaires de la gamétogénèse pourrait même être mise à profit pour d'autres espèces. Le recours aux bovins comme modèles de recherche pour

ANALYSES DE THÈSES

l'étude moléculaire de cas d'infertilités humaines, associés à la qualité du sperme des donneurs en fécondation *in vitro*, par exemple, apparait à la lecture du mémoire.

En conclusion, ce travail de thèse propose une approche novatrice pour caractériser l'infertilité de reproducteurs mâles bovins avec une dimension prédictive quand ces reproducteurs sont utilisés en sélection génomique. Il montre aussi que dans ce contexte, l'analyse du polymorphisme de la méthylation de l'ADN spermatique bovin pourrait être utilisée comme modèle pour des études épidémiologiques d'infertilité masculine et ouvrir une nouvelle voie de recherche sur la contribution de l'épigénèse à l'évolution d'une population domestiquée.

Je propose que l'Académie d'agriculture de France reconnaisse les enjeux de connaissances à la fois finalisées et fondamentales dont cette thèse est porteuse et que ce dossier soit en conséquence valorisé sur le site de l'Académie pour que cette reconnaissance puisse être effective.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET HERBIVORIE : INFLUENCE SUR LA RÉGÉNÉRATION ET LE POTENTIEL D'AVENIR DES FORÊTS MÉLANGÉES

Thèse de Marianne **BERNARD**¹

Analysée par Mériem **FOURNIER**²

Directrice de thèse : Sonia SAÏD, Dr, HDR, Ingénieure experte ONCFS

Co-encadrant : Vincent BOULANGER, Dr, Chargé de R&D ONF

Co-encadrant : Xavier MORIN, Dr, Chargé de Recherche 1 au CEFE - CNRS UMR 5175

La thèse de Marianne Bernard, soutenue à Montpellier le 19 octobre 2018 dans l'École doctorale GAIA, s'attaque à trois enjeux majeurs et actuels du renouvellement des forêts européennes :

- L'équilibre entre les peuplements arborés et les populations de grands herbivores,
- La régénération naturelle des forêts sous l'impact du changement climatique,
- Le fonctionnement des forêts mélangées et la stabilité des mélanges, appliquée au mélange emblématique « hêtre sapin épicéa ».

¹ Thèse de doctorat pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Montpellier, en Écologie fonctionnelle, Ecole doctorale GAIA, Unité de recherche CEFE – CNRS Montpellier, soutenue le 19 octobre 2018.

² Mériem Fournier, présidente du centre INRA Grand Est Nancy, membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, section 2 « Forêts et filière bois ».

ANALYSES DE THÈSES

Le travail a été réalisé dans le contexte de la formation doctorale d'une jeune ingénieure fonctionnaire des Ponts, des Eaux et des Forêts, avec un projet initialement sélectionné par les instances *ad hoc* des Ministères, pour la qualité de la candidate, la qualité scientifique du projet, et sa pertinence par rapport aux enjeux des politiques publiques. Il concrétise un partenariat remarquable entre, d'une part les services de R&D de deux organismes publics impliqués dans les questionnements de la thèse, l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage et l'Office National des Forêts, qui portent des points de vue à concilier sur la gestion forestière, et d'autre part le grand organisme de recherche qu'est le CNRS qui a accueilli la doctorante au Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier, l'un des plus importants laboratoires de recherche en écologie en France. La thèse s'insère, par ailleurs, dans d'autres partenariats stratégiques notamment avec l'IRSTEA à Grenoble pour l'utilisation et l'adaptation du modèle Samsara2 de dynamique des forêts mélangées.

La thèse se présente sous la forme d'une série de cinq articles scientifiques (un est déjà publié dans la revue « Forest Ecology and Management », les quatre autres sont des projets), qui abordent successivement les questions suivantes :

- Quels sont les effets du mélange et des conditions climatiques sur la régénération du sapin et du hêtre ?
- Comment caractériser l'effet de l'abroustissement sur la régénération du sapin et de l'épicéa en mélange ?
- Comment la double pression du changement climatique et de l'abroustissement modifie la croissance des arbres en termes d'allocation des ressources et de traits fonctionnels (résistance mécanique, surface foliaire, teneurs en carbone, azote, phosphore, phénols) ?
- Quel est l'effet du climat sur l'abroustissement et quel est le facteur (climat ou abroustissement) qui influence le plus la croissance des semis ?
- Quelle sera la situation d'un peuplement mélangé de hêtre, de sapin et d'épicéa dans 100 ans selon différents scénarios climatiques ou d'abroustissement ?

S'attaquant à un sujet complexe, aux nombreuses composantes – grands ongulés, climat, régénération forestière – entretenant des interactions multiples, la thèse représente une somme de travail considérable, mettant en œuvre différentes approches complémentaires de l'écologie :

- Observations de placettes en peuplements purs et mélangés le long de gradient d'altitude ou de latitude permettant d'explorer de larges plages climatiques en interaction avec l'effet du mélange,
- Expérimentations de long terme de type enclos-exclos permettant de tester l'effet de l'abroustissement,
- Mesures en laboratoire d'une vaste gamme de traits fonctionnels des arbres,
- Modélisation et simulation des dynamiques des peuplements forestiers en utilisant le modèle Samsara2.

L'analyse s'appuie donc sur une masse de données impressionnantes acquises pendant la thèse ou valorisant des travaux antérieurs. La discussion et les critiques sur un travail d'une telle ambition ont été nombreuses de la part des spécialistes des différents domaines - écologie des populations, écophysiologie végétale ...-, notamment en raison de la difficulté à contrôler la pression d'abroustissement dans les expérimentations, de mesurer précisément et systématiquement l'ensemble des facteurs bioclimatiques et écophysiologiques dans tous

ANALYSES DE THÈSES

les dispositifs utilisés ou de bien maîtriser le comportement de modèles complexes dans une stratégie de calibration et de simulation. De fait, les interdépendances des pressions au sein du système climat-ongulés-régénération forestière, rendent difficile la conception des dispositifs d'étude, surtout sur des écosystèmes forestiers à cycle très long.

Au-delà des difficultés pour aboutir à des certitudes, et des imperfections attendues dans un travail d'une telle ampleur, il faut saluer les nombreux résultats acquis.

Deux résultats préliminaires sont, d'une part que, même lorsqu'il implique une diminution de la quantité de lumière qui parvient au sol, le mélange ne défavorise pas forcément la régénération (observation sur des triplets de placettes en peuplements purs et mélangés, répétés le long d'un double gradient latitudinal et altitudinal alpin), d'autre part que les ongulés, par leur abrutissement sélectif de la régénération, sont en mesure d'initier une quasi-substitution d'espèces (analyse des dispositifs d'enclos exclos) ; cependant la sylviculture du mélange sapin épicéa pourrait compenser ces effets du gibier.

Abordant alors les effets du climat, la thèse montre que le climat contrôle en partie l'intensité de l'abrutissement, probablement *via* son effet sur la disponibilité en ressource alimentaire. Les essences forestières et leur régénération sont plus menacées suite à des hivers rigoureux que suite à des hivers doux. Le réchauffement pourrait permettre la persistance d'herbacées et d'autres ressources alimentaires, qui réduiraient la pression des ongulés sur la régénération. Cette hypothèse est certainement à nuancer car les effets des deux pressions (climat et abrutissement) sur la régénération interagissent, rendant d'autant plus imprévisible son devenir. Il est important de prendre en compte ces deux facteurs fluctuants dans les protocoles de recherche et de gestion. La thèse n'a pas pu malheureusement étudier les effets du changement climatique sur les ongulés, mais elle les discute *via* la littérature existante, en suggérant des différences importantes de comportement entre chevreuil et cerf.

Les mesures de traits foliaires (en comparant enclos-exclos le long du gradient alpin) montrent qu'abrutissement et variations du climat attendues dans le cadre du changement climatique impliquent dans certains cas des adaptations convergentes et intéressantes. Par exemple, pour le sapin, une augmentation de la température comme de la pression d'abrutissement occasionne une plus forte résistance mécanique des tissus. Associées à une disponibilité alimentaire potentiellement plus importante en sortie d'hiver – sous réserve de précipitations suffisantes, cela serait plutôt de bon augure pour le devenir du sapin en présence de cervidés, soumis au changement climatique.

L'approche de modélisation est certainement la partie la moins aboutie et la plus discutable de la thèse. Elle suggère néanmoins que la pression d'abrutissement pourrait moduler la réponse des essences au changement climatique à long terme, en abaissant les seuils de tolérance à la sécheresse.

Les deux pressions étudiées – changement climatique et pression d'abrutissement – se réfèrent à des échelles spatiale et temporelle complètement différentes avec un grand nombre de combinaisons possibles et de situations auxquelles le gestionnaire peut être confronté. L'atténuation du changement climatique requiert une action mondiale concertée de long-terme, tandis que l'augmentation des populations d'ongulés, lorsqu'elle est un problème, peut être abordée par des actions locales, aux effets visibles plus rapidement. La thèse se conclut par la formalisation d'une gestion adaptative pour gérer le renouvellement

ANALYSES DE THÈSES

des forêts dans ce contexte complexe. La définition d'objectifs communs à toutes les parties prenantes est une question difficile, qui ne peut se résoudre par l'idéalisation d'un état de référence passé. Deux questions clés : comment définir des métriques de mesure de l'intensité du déséquilibre forêt ongulés (car la densité des populations souvent utilisée n'est hélas pas fiable) ? comment formaliser, dans chaque contexte particulier, la sylviculture des mélanges et les décisions de substitutions d'espèces ou de provenances, dans les contextes très incertains du changement climatique global et de pressions d'abrutissement localement très variables ?

Pour la première fois en France, un doctorat ambitieux, à visée très systémique et appliquée (en termes de gestion des forêts et des populations animales), mais s'insérant dans des courants majeurs de l'écologie (réseaux d'interactions, stratégies des espèces, stress et perturbations, dynamique des communautés ...), est conduit sur ce « point chaud » de la dynamique des forêts hétérogènes soumises à la double pression du changement climatique et de l'herbivorie, en interactions. Nul doute que cette thèse qui ouvre de nombreuses perspectives fera date dans les travaux des partenaires impliqués dans cette question.

Je donne un avis très favorable pour qu'elle soit considérée par l'Académie d'agriculture de France et publiée sur le site.

DÉBATS ET MOBILISATIONS AUTOUR DE L'ÉLEVAGE :

ANALYSE D'UNE CONTROVERSE

Thèse d'Elsa **DELANOUE**¹

Analyse de Raphaël **LARRÈRE**²

Directrice de thèse : Véronique Van TILBEURGH, Sociologue, Professeure des Universités Rennes 2

Imposante par son ampleur, la thèse que présente Elsa Delanoue (379 pages de texte ; 425 avec bibliographie et annexes) est, par bonheur, bien écrite, solidement structurée et agréable à lire. Il s'agit d'une thèse CIFRE, cofinancée par des instituts du monde de l'élevage dans le cadre d'un programme global d'investigations portant sur l'acceptabilité sociale de l'élevage et de ses pratiques. Pour la mener à bien, Elsa Delanoue a dû consentir de remarquables efforts de distanciation. Tout en tirant parti de sa formation d'ingénieure agronome, elle a dû s'acclimater aux concepts et aux démarches de la sociologie. Il lui a de même fallu mettre à distance son implication active dans les milieux de l'élevage, afin de traiter équitablement les arguments et les stratégies de ceux qui critiquent les pratiques des éleveurs, ou l'élevage en tant que tel.

¹ Thèse de doctorat de l'Université Rennes 2, Université Bretagne Loire, École doctorale N°604, Spécialité : Sociologie, Unité de recherche : ESO -Rennes-Espaces et sociétés (CNRS UMR 6509) présentée et soutenue à RENNES le 15 octobre 2018.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France (section 4 - Sciences humaines et sociales).

ANALYSES DE THÈSES

Elsa Delanoue consacre la première partie de sa thèse à présenter sa problématique. Elle procède en premier lieu à une critique rigoureuse de l'approche en termes d'acceptabilité sociale et des oppositions commodes qu'elle implique (rationalité/irrationalité ; savoirs scientifiques et techniques/ sensibilités et passions) et qui tendent à dévaloriser les critiques formulées et les opinions d'un public profane essentiellement urbain. Cela lui permet de justifier sa décision d'appréhender les mises en cause de l'élevage (ou de certaines de ses pratiques) en les considérant comme autant de controverses à analyser, ce qui suppose de traiter symétriquement les arguments et les stratégies de leurs parties prenantes. Après une présentation de l'état de l'art en matière de sociologie des controverses, elle propose alors – ce qui est l'originalité de sa thèse – de procéder à une formalisation systémique de l'ensemble des désaccords qui concernent l'élevage. Elle est alors en mesure d'analyser les interactions entre les stratégies d'argumentation des parties prenantes et d'en dégager la dynamique.

Pour réaliser ce travail de décryptage, Elsa Delanoue a mobilisé une grande diversité de méthodes d'enquêtes. C'est ainsi qu'elle a procédé à une enquête qualitative auprès des parties prenantes, organisé trois focus-groups, fait réaliser par l'IFOP une enquête quantitative par sondage auprès de 2000 citoyens, utilisé des techniques de scientométrie pour étudier le traitement des enjeux de ces controverses dans un ensemble d'articles scientifiques et d'articles de presse ... sans compter qu'elle a bénéficié d'une observation participante dans les milieux de l'élevage. Si elle s'achève par une présentation un peu schématique du contexte dans lequel s'inscrit la controverse concernant l'élevage et sa mise en perspective historique, cette première partie est impressionnante, tant par l'effort théorique consenti que par l'ampleur de l'enquête et la diversité des méthodes d'investigation mobilisées.

La deuxième partie de la thèse est consacrée à la description du système des points d'achoppement concernant l'élevage. Elsa Delanoue présente d'abord les différents « champs d'incertitudes » au sujet desquels l'élevage se trouve mis en cause : son impact environnemental, le bien-être des animaux et les questions sanitaires (l'excessive utilisation des antibiotiques ; zoonoses). Dans la mesure où le terme d'incertitude est généralement associé soit à des questions scientifiques et technoscientifique, soit à la prise en compte de risques non encore avérés ou mal évalués, il me semble qu'il n'est guère approprié pour désigner en la matière des sujets qui fâchent ou des questions en débat (qu'il conviendrait d'ailleurs de distinguer). Vient ensuite l'analyse des parties prenantes et des arguments opposés qu'elles avancent, puis celles des « publics à rallier » : les citoyens en tant qu'ils sont consommateurs ; les pouvoirs publics qui sont en mesure de réglementer et les industriels et grandes surfaces qui peuvent imposer des cahiers des charges plus ou moins contraignants. Sont enfin présentés les intermédiaires qui accompagnent (et parfois perturbent) les interactions entre les parties prenantes et les publics à rallier : les scientifiques qui peuvent apporter des éléments renforçant certains points de vue et les médias qui traitent des sujets qui fâchent le plus et des questions les plus âprement débattues. Après avoir analysé les stratégies des parties prenantes vis-à-vis des publics à influencer Elsa Delanoue présente alors les résultats de l'enquête quantitative et une typologie des attentes du public des « citoyens-consommateurs » (qui en tant que citoyens peuvent avoir une influence sur les pouvoirs publics et en tant que consommateurs sur les distributeurs de grandes surfaces). Cette deuxième partie s'achève par une brève analyse de conflits localisés associés à des projets d'installation ou d'agrandissement d'élevages, où sont décrites les interactions entre ces points d'achoppement précis et les arguments avancés par les différentes parties prenantes dans la controverse générale sur l'élevage.

ANALYSES DE THÈSES

La troisième partie est entamée par l'étude de trois controverses situées comme autant de moments de cristallisation de la controverse générale, ayant pour origine des décisions réglementaires (les œufs produits en cage), des expertises scientifiques (l'impact de l'élevage sur le changement climatique) ou des innovations juridiques (la reconnaissance du caractère d'être sensible des animaux dans le Code civil). Elsa Delanoue y montre que les réactions des parties prenantes dépendent des interactions stabilisées qu'elles entretiennent (mobilisation des arguments habituels) mais que ces points de cristallisation peuvent les conduire à modifier leur argumentation et leur stratégie de communication. Ces considérations aboutissent à un ensemble de propositions sur la façon dont la dynamique de la controverse contribue à la transformation des normes sociales concernant l'élevage et l'alimentation carnée.

On a donc là le résultat d'un travail impressionnant et de fort bonne qualité. Qu'il me soit permis maintenant d'en venir à trois critiques et à une discussion que j'aurais aimé avoir avec l'auteure de la thèse.

Si elle présente des avantages par la masse des données recueillies, la diversité remarquable des méthodes d'enquête a pour inconvénient que chacune d'entre elles est traitée de façon relativement sommaire (sinon la thèse aurait eu plus de 1000 pages). C'est particulièrement le cas de l'enquête qualitative (et des focus-groups, sur lesquels je reviendrai) : on y voit une description des enjeux (les « incertitudes ») des parties prenantes, des publics visés mais pas une analyse approfondie des différents points de vue que l'on retrouve au sein de ces parties prenantes (et en particulier du monde de l'élevage). De même sont présentés les arguments qui s'opposent, sans trop s'interroger sur la cohérence des argumentations. Ainsi la seconde partie de la thèse tient plus d'un inventaire que d'une analyse fine des éléments et des interactions du système.

Si Elsa Delanoue a consenti un effort de distanciation théorique remarquable par rapport au milieu dans lequel elle est impliquée, il est néanmoins incomplet. C'est ainsi que j'en ai bien plus appris par son analyse des associations de défense des animaux ou de l'environnement que par ce qui est écrit des éleveurs (mais il est vrai que je ne connaissais pas grand chose sur les différentes associations militant pour la cause des animaux – en dehors de leurs arguments – alors que j'ai eu l'impression d'en savoir bien plus sur la diversité des élevages, des éleveurs et de leurs attitudes). C'est ainsi que, tout en ayant évoqué les points de vue divergents au sein même du monde de l'élevage, Elsa Delanoue tend souvent à le présenter comme une unité et se garde bien d'approfondir ces divergences et ces tensions. Cette tendance se retrouve dans le questionnaire de l'enquête quantitative par sondage : les sondés ont eu à choisir entre plusieurs opinions qui portent sur l'élevage en général et pas sur tels ou tels types d'élevage. Cela a enfin, et surtout, conduit à concevoir les focus-groups de façon relativement asymétrique. Pour sortir des échanges d'arguments et d'amabilités entre les parties prenantes qui s'estiment propriétaires du dossier, l'idée d'organiser des focus-groups de citoyens ordinaires était excellente. Mais il aurait alors fallu organiser des focus-groups de citoyens tirés au sort auxquels auraient juste été présentés les points de vue contradictoires et qui auraient ensuite délibéré entre eux. Là une partie prenante est présente dans la délibération des focus-groups : des éleveurs y participent et répondent aux questions des citoyens ... ce qui ressemble plus à un focus-group de marketing (ou à un « grand débat public » avec présence et interventions d'un ministre) que d'un focus-group destiné à saisir ce qui peut sortir des échanges de points de vue entre des citoyens lambda munis de leurs seules lumières et des arguments contradictoires qui leur ont été exposés.

ANALYSES DE THÈSES

Sans doute eut-il été souhaitable enfin de distinguer des controverses purement scientifiques, le type de controverse qui concerne l'élevage. Celle-ci mobilise certes des considérations scientifiques mais tout autant des considérations éthiques, économiques ou politiques. Lorsque Elsa Delanoue écrit que « tout l'enjeu d'une controverse, pour les parties prenantes est de réduire la marge d'incertitude » elle se réfère à ce que sont censées être les controverses scientifiques. Une controverse scientifique doit avoir pour but de se clore et sa clôture débouche sur la formalisation d'un nouvel état des connaissances : il faudra attendre des expériences, des observations systématiques ou des études statistiques dont les résultats ne s'accordent pas à ce nouvel état des connaissances pour que s'engage une nouvelle controverse. Mais les controverses autour de l'élevage mobilisent des acteurs sociaux qui n'ont pas pour objectif principal (ni pour mission) de faire avancer l'état des connaissances. Cela peut conduire certains d'entre eux à s'ingénier à déstabiliser des connaissances qui semblaient acquises et consensuelles parce que celles-ci les dérangent ou nuisent à leurs intérêts économiques, sociaux ou politiques. Comme l'ont montré les travaux d'agnotologie (dont je n'ai pas trouvé trace dans la bibliographie), diverses forces sociales sont en mesure de mettre en œuvre des stratégies de production d'ignorance. Sur des sujets économiquement et politiquement sensibles, il y a souvent des hybrides de controverses et de productions stratégiques d'incertitude. Peut-être qu'une étude plus approfondie des controverses scientifiques concernant l'impact de l'élevage sur le changement climatique, celui de certaines formes d'élevage sur les marées vertes ou sur le bien-être des animaux aurait-elle révélé qu'elles relèvent de ces figures hybrides.

Ayant apprécié l'idée d'Elsa Delanoue d'appréhender la controverse comme un système, j'aurais aimé enfin lui demander pour quelles raisons elle a délimité le système ainsi qu'elle l'a fait. Dans son analyse, le système de la controverse globale comprend des sous-systèmes de controverses localisées et situées sur des enjeux précis, et des controverses cristallisées par l'intervention d'innovations perturbantes (résultats scientifiques, textes de loi, etc.). Les éléments en sont aussi bien les différentes parties qui prennent part au débat que les différents publics que chacune d'entre elles tente de rallier. Or, il me semble que la présentation aurait été plus facile et plus claire si Elsa Delanoue n'avait pris comme éléments que les parties prenantes et considéré les publics à gagner, la science, les pouvoirs publics et le droit comme faisant partie de l'environnement du système de la controverse. Auraient alors été considéré comme sous-systèmes les controverses localisées et les controverses cristallisées par les perturbations venant de l'environnement du système de la controverse globale. La dynamique de tout système (qui, spontanément, tend à l'homéostasie) venant soit de la modification du comportement d'un de ses sous-systèmes, soit des effets en retour des impacts du comportement du système sur son environnement, il me semble que la délimitation que je suggère aurait rendu plus aisée la compréhension de la dynamique de la controverse globale. Et ceci d'autant plus que, dans une conception hiérarchique, l'environnement d'un système fonctionne à une échelle d'espace et de temps plus large que le système lui-même.

Mais ces trois remarques et cette dernière discussion purement technique ne doivent pas occulter le remarquable travail d'Elsa Delanoue et la grande qualité de la thèse qu'elle a soutenue.

Et c'est la raison pour laquelle la thèse d'Elsa Delanoue mérite d'être valorisée par la publication de cette analyse sur le site de l'Académie d'agriculture de France.

ANALYSE, MODÉLISATION ET SIMULATION DE LA COUPE ORTHOGONALE DU BOIS VERT EN VUE DE SON APPLICATION AU FRAISAGE PAR CANTER

Thèse de Rémi **CURTI**¹

Analysée par Luca **UZIELLI**²

Directeur de thèse : Robert COLLET, Maître de conférences, (HDR), Laboratoire Bourguignon des Matériaux et Procédés (LaBoMaP), Arts et Métiers

Co-directeur de thèse : Philippe LORONG, Professeur, Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM), Arts et Métiers

Co-encadrement de la thèse : Louis DENAUD, Maître de conférences, LaBoMaP, Arts et Métiers

Dans la plupart des scieries le rendement matière, c'est-à-dire le rapport en termes de volume entre produits de sciages et grumes entrantes, n'est que de 50% en moyenne. Les quantités de bois restantes, jadis dénommées « déchets » et aujourd'hui « produits connexes », doivent être valorisées au mieux et peuvent souvent faire la différence entre un budget positif et un budget de pertes.

Les copeaux, surtout sous forme de plaquettes, sont les produits connexes fortement majoritaires en sortie de scierie, leur quantité demeurant a priori imprécise car dépendant des essences et des sections sciées mais aussi des technologies employées. Le débouché industriel préférable pour valoriser ces connexes est la pâte à papier qui, en comparaison avec le bois-énergie et les panneaux de particules, dans une logique de développement durable, est souvent la solution optimale, à la fois viable économiquement, écologiquement et socialement. Néanmoins, cette industrie demande des plaquettes ayant des formes et dimensions aussi homogènes que possible, et pénalise l'hétérogénéité en payant des prix réduits. Les moyens de production permettant de générer de manière privilégiée des plaquettes sont surtout des « canters », fraises coniques de grand diamètre permettant d'équarrir les billons en transformant la matière usinée directement en plaquettes. Le procédé de génération de plaquettes par canters laisse encore place à des améliorations substantielles, notamment par l'optimisation des paramètres de coupe, dont l'importance est primordiale afin d'assurer la bonne fragmentation du copeau en plaquettes.

Le travail de thèse de M. Rémi Curti propose ainsi le développement d'une approche numérique, visant à l'optimisation de l'action du canter par l'estimation de l'influence des paramètres du procédé sur la géométrie de plaquettes générées, aussi bien que sur les

¹ Thèse de doctorat « Paris Tech » préparée pour obtenir le grade de docteur délivré par l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Spécialité « Génie mécanique - procédés de fabrication », École doctorale n° 432 : Sciences des Métiers de l'ingénieur, présentée et soutenue publiquement par Rémi CURTI le 06 novembre 2018

² Prof. Ing. Luca UZIELLI, Professeur émérite de l'Université de Florence, (Italie) Membre de l'Académie d'agriculture de France, (section 2, Forêts et filière bois).

ANALYSES DE THÈSES

puissances requises des machines, pour atteindre une production mieux maîtrisée et susceptible de mieux répondre aux attentes des industries de la pâte à papier. Il prend donc sa source dans une problématique industrielle, dont le développement concerne un enjeu économique important.

La démarche proposée dans cette thèse allie expérimentation et modélisation numérique, les deux de très haut niveau, dont les qualités scientifiques ont d'ailleurs été reconnues par le jury de soutenance. Les expérimentations menées portent aussi bien sur l'étude ciblée de mécanismes élémentaires que sur des essais de coupe durant lesquels les plaquettes se forment et où tous les phénomènes se conjuguent. La modélisation numérique s'appuie sur la Méthode des Eléments Discrets (DEM : Discrete Element Method). Pour la première fois, un modèle complet de comportement du bois vert a été choisi, identifié par la DEM, et a été comparé à des résultats expérimentaux. Aussi, Mr Rémi Curti a su porter un regard critique sur ses travaux, sur les hypothèses retenues et sur les résultats obtenus.

Cette thèse constitue ainsi une réelle avancée dans ce domaine ; poursuivant ces approches, des travaux ultérieurs pourront en développer et élargir les résultats, fournissant aux professions concernées des informations concrètes et efficaces pour la conception, le réglage et la gestion des canters dans les scieries.

D'ailleurs certaines indications concrètes découlent déjà directement de ce travail de thèse, comme par exemple l'avantage de pouvoir ajuster la position du canter par rapport à la grume afin que, pour une partie maximale possible de celle-ci, la trajectoire de travail des arêtes puisse se rapprocher des conditions optimales de coupe.

Bien que la pleine compréhension des parties les plus spécialisées ne soit accessible qu'à des catégories restreintes de chercheurs, cette thèse présente aussi le grand mérite d'être globalement bien compréhensible pour le lecteur intéressé, à la fois grâce à la clarté du langage et à l'organisation rationnelle du texte ; d'autant plus que pour chaque chapitre, une brève introduction indique ses objectifs et une brève conclusion en résumé aussi les résultats.

En conclusion, à mon avis cette thèse mérite sans aucun doute d'être présentée pour valorisation sur le site de l'Académie d'agriculture de France.

**CHANGEMENT DU STOCK DE BOIS SUR PIED DES FORETS FRANÇAISES :
DESCRIPTION, ANALYSE ET SIMULATION SUR DES HORIZONS TEMPORELS
PLURIDECENNAL (1975-2015) ET SECLAIRE À PARTIR DES DONNÉES DE
L'INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL ET DE STATISTIQUES ANCIENNES.**

Thèse d'Anaïs **DENARDOU-TISSERAND**¹

Analyse de Jean-Luc **PEYRON**²

Directeur de thèse : Jean-Luc Dupouey, directeur de recherche INRA

Co-directeur de thèse : Jean-Daniel Bontemps, directeur de recherche IGN.

La dynamique forestière mobilise les temps longs allant de plusieurs décennies à plusieurs siècles et sa connaissance précise est limitée par la profondeur temporelle de l'appareil statistique. L'inventaire forestier national est l'instrument incontournable pour décrire les ressources forestières françaises métropolitaines. Il vient de fêter ses soixante ans mais ne dispose véritablement que d'une quarantaine d'années de séries chronologiques, ce qui est court au regard de la longévité de plus de cent ans de nombreuses essences forestières, même en contexte de production. Dans sa thèse, Anaïs Denardou-Tisserand analyse de manière décisive la profondeur temporelle existante et l'étend vers le passé pour, à la fois, reconstituer l'évolution passée par analyse rétrospective dendrométrique (de la croissance des arbres), contribuer ainsi aux méthodes de l'histoire environnementale quantitative, comprendre les transitions forestières intervenues au cours des deux derniers siècles et mobiliser cette connaissance nouvelle pour mieux aborder les transitions à venir à l'échelle de temps forestière.

De manière plus précise, la thèse vise d'abord à mieux comprendre l'expansion de la forêt française en surface et en volume, ainsi que les liens existant entre ces deux variables. Dans la mesure où la transition forestière en surface a largement été étudiée, notamment en Europe, et théorisée par Mather (1992), elle constitue un point de passage obligé vers le véritable objectif qui est de mieux comprendre l'évolution en volume et ses relations avec des facteurs explicatifs biogéographiques, socioéconomiques (catégorie de propriété...) et historiques (évolution passée en surface, structure forestière actuelle résultant de la gestion passée, changements intervenus dans la gestion ou l'environnement...). Cette dynamique est analysée d'abord dans le cadre des résultats de l'inventaire forestier national qui procure des informations sur l'ensemble des départements français depuis 1980 et sur 80% d'entre eux depuis 1976. Pour ce qui concerne les surfaces, elle est comparée avec les statistiques officielles françaises, notamment celles de 1892, 1908 (enquête Daubrée) et 1929. La thèse vise ensuite à estimer le volume de bois sur pied de la forêt française depuis le minimum

¹ Thèse de doctorat de l'Université de Lorraine, réalisée à l'UMR A 1434 SILVA et au Laboratoire d'Inventaire Forestier (LIF) de l'IGN, soutenue le 8 février 2019.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, section 2 (Forêts et filière-bois).

ANALYSES DE THÈSES

forestier de la première moitié du XIX^e siècle. Le but ultime est d'améliorer les prédictions de la dynamique future en ayant compris la dynamique passée.

On peut considérer que le domaine d'étude est la forêt française métropolitaine susceptible de faire l'objet d'une production de bois (94% des surfaces actuelles) sur laquelle l'inventaire forestier national conduit depuis les années 1960 des opérations de terrain lui permettant non seulement d'évaluer mais aussi de caractériser, notamment en termes de stock de bois sur pied, les surfaces inventoriées. Les données passées ont été consolidées pour rendre compte de ce même domaine (prise en compte notamment de l'Alsace-Lorraine).

Cette thèse s'organise d'une façon qui mêle judicieusement les articles scientifiques auxquels elle a donné lieu et une rédaction argumentée plus conventionnelle. Les enseignements qui en résultent se lisent cependant dans un ordre différent, les derniers travaux jetant un éclairage nouveau sur les premiers. Les plus marquants d'entre eux sont alors les suivants :

- en raisonnant sur la cohérence temporelle de l'évolution des forêts françaises, la conclusion la plus plausible est que le minimum de surface intervenu au cours de la première moitié du XIX^e siècle est supérieur de l'ordre de 10% aux données brutes issues des statistiques officielles historiques ; ces dernières pourraient en effet avoir sous-estimé certaines forêts privées ou très dégradées ; le minimum serait ainsi supérieur à 10 millions d'hectares (Mha) et la surface des forêts aurait dépassé 11 Mha en 1908 pour atteindre 13,1 Mha en 1975 et 15,4 Mha en 2010 ;
- cette expansion s'est faite en partie par le biais de semis ou plantations et la thèse en recense de l'ordre de 2,5 Mha depuis le minimum forestier, dont environ 1,8 Mha depuis le début du XX^e siècle ; mais, compte-tenu des défrichements éventuellement intervenus entre-temps (par exemple en Champagne), la colonisation naturelle reste le phénomène majoritaire de cette expansion ; ceci explique en particulier que la proportion en surface des feuillus et résineux soit restée stable au moins au cours du dernier siècle ;
- l'accroissement de volume sur pied est encore plus spectaculaire : en volume « bois-fort-tige » (tronc depuis le sol jusqu'au diamètre de 7 cm), le stock de bois serait passé de 200 à 300 millions de mètres-cubes (Mm³) vers 1850 à 700 Mm³ vers 1900, 1600 Mm³ en 1975 et plus de 2500 Mm³ en 2010 ;
- l'augmentation plus rapide en volume qu'en surface traduit une forte capitalisation de bois sur pied au cours du temps partant de 25 à 50 m³/ha en 1850 pour dépasser 160 m³/ha en 2010 ; la tendance récente est celle d'une accélération de ce phénomène qui semble parvenir à l'inflexion mais être encore très loin de la saturation ; cette évolution est imputable aux contraintes physiques qui limitent les possibilités d'exploitation (pour 1/5^e de l'expansion) ou à des raisons socio-économiques (pour 1/5^e) mais majoritairement à la stratégie sylvicole de plantation ou de conversion adoptée (pour 3/5^e) ;
- cette double montée en puissance de la forêt française, en surface et en volume, est différenciée selon les régions françaises, le type de propriété et le type de peuplement forestier (mode de constitution, essence) ; y contribuent fortement des peuplements majoritairement privés, notamment de jeunes plantations, d'anciens taillis et taillis-sous-futaie en conversion ou évolution vers la futaie et des peuplements plus âgés mais peu gérés ; les forêts domaniales apparaissent quant à

ANALYSES DE THÈSES

elles au contraire globalement proches de la stabilité en surface et volume de bois sur pied.

Cette thèse est originale à maints égards, d'abord par le nombre et l'hétérogénéité des sources de données qu'elle exploite et qui nécessitent une partie à part entière. Même pour la période récente d'existence de l'inventaire forestier national, elle doit composer avec le changement de méthode intervenu en 2005 et l'approche départementale de la méthode ancienne. Elle utilise la modélisation pour s'interroger sur la plausibilité des observations anciennes et reconstituer l'évolution du stock de bois sur pied en s'appuyant sur la solidité des estimations récentes de ce stock. Elle dépasse le raisonnement moyen au niveau de l'ensemble de la France pour mobiliser une information par strates biogéographiques, foncières et sylvicoles qui lui permet de comparer données anciennes et récentes.

Pour ce qui concerne les politiques publiques, elle illustre l'ampleur de la transition forestière actuelle en termes de surface et plus encore de volume de bois sur pied. Elle contredit ainsi fortement la croyance populaire solidement ancrée selon laquelle la surface forestière française se réduirait. Elle met de plus l'accent sur le fait que l'expansion des forêts ne semble pas près de s'arrêter, contrairement à ce qu'on a pu croire pour la surface au début des années 2000 et à ce que certains articles scientifiques laissent entendre au niveau européen pour le puits de carbone. Une stratégie forte serait donc nécessaire pour intervenir sur ce phénomène.

Elle ouvre également de nombreuses perspectives pour des travaux futurs d'approfondissement.

En conclusion, pour l'originalité de son analyse rétrospective de la transition forestière en surface et en volume, pour son caractère interdisciplinaire entre approche statistique, modélisation de la croissance et histoire environnementale, pour les enseignements que peuvent en tirer les politiques publiques, ce travail mérite d'être valorisé sur le site de l'Académie d'agriculture de France.

PROJECTING THE EVOLUTION OF SOIL DUE TO GLOBAL CHANGEThèse de Saba **KEYVANSHOKOUHI**¹Analyse de Christian **FELLER**²**Directeurs de thèse** : Dr. Sophie CORNU, Professeur Peter FINKE et Dr. François LAFOLIE.

Le contexte dans laquelle cette thèse est élaborée est celui, très ambitieux et très complexe, de la modélisation de l'évolution des sols à des échelles de temps de la décennie au siècle, tenant compte de l'ensemble des interactions et rétroactions des facteurs de formation des sols (climat, relief, organismes vivants, matériel parental et durée) tout en prenant en compte les actuels changements climatiques, les changements dans l'usage des terres et les nouvelles pratiques agricoles. Parmi d'autres, l'exemple de l'évolution de la distribution du carbone organique (Corg) dans le sol est privilégié.

La thèse, écrite en anglais, est organisée en sept chapitres. Un chapitre 8 présente un abrégé en français.

Les chapitres 1 et 2 introduisent la problématique, les modèles et les situations de terrain.

Un état de l'art sur les modèles abordant une question aussi complexe conduit l'auteure à choisir, comme modèle de départ, le modèle « SoilGen » Finke (2012) qui couvre actuellement le plus grand nombre de processus pris en compte pour l'évolution des sols ; il simule en effet la coévolution des propriétés majeures des sols (teneur en Corg, en argile, en calcaire, la densité apparente et le pH) et prend en compte les facteurs climatiques, l'utilisation des terres et les pratiques agricoles. Il présente toutefois des limites telles que (i) l'absence certains processus majeurs de la pédogenèse (comme la formation de minéraux secondaires), (ii) des représentations trop simplifiées de la croissance des plantes, (iii) des hypothèses simplificatrices telles que des sols dont le volume resterait constant, ce qui ne correspond pas à une réalité, que ce soit au cours de la pédogenèse ou sous l'action de l'homme. Cette thèse tentera de combler ces limites en associant à SoilGen des modules spécifiques provenant de la plateforme de modélisation VSOIL (Lafolie *et al.*, 2014). Ce qui conduira pour la distribution du Corg à un nouveau modèle nommé « OC-VGEN ».

Parmi les résultats et conclusions présentés aux chapitres 2 à 7 (version anglaise) les principales conclusions de S. Keyvanshokouhi sur sa thèse (que nous empruntons à la section 8.7 de la version française) sont les suivantes :

¹ Thèse de doctorat, soutenue le 7 mars 2018, pour obtenir le titre de docteur de philosophie devant les Universités d'Aix-Marseille (France), spécialité « Earth science of environnement » et de Ghent (Pays-Bas), spécialité « Geology »

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, Directeur de recherche émérite de l'IRD.

ANALYSES DE THÈSES

- « - la modélisation développée dans ce travail intègre de très nombreux processus qui agissent sur la dynamique du Corg et leurs rétroactions, mécanismes qui font pour partie défaut dans la plupart des modélisations axées sur la dynamique du Corg ;
- la flexibilité du modèle vis-à-vis des paramètres de forçage est testée alors que c'est rarement le cas, bien que ce soit fortement conseillé ;
 - une première approche semi-mécaniste de la simulation de la variation du volume du sol a été entreprise pour une modélisation de l'évolution du sol à court et moyen terme. [Ceci est une nouveauté dans le domaine] ;
 - en comparaison avec d'autres modèles d'évolution du sol, OC-VGEN n'offre pas la plus large gamme de couverture de processus pédologiques, mais le modèle proposé est très équilibré concernant les critères considérés comme les plus importants en termes de projection d'évolution du sol sous contraintes climatiques et anthropiques. De plus, certains processus (altération chimique, lessivage des argiles), bien qu'ils ne soient pas encore entièrement opérationnels, ont été implémentés sur la plateforme et sont en cours de test.
 - toutefois, le modèle dans sa version actuelle ne tient compte que des processus verticaux ayant lieu à l'échelle du profil, mais il peut être couplé avec des modèles 2D, d'érosion notamment, pour tenir compte également des processus latéraux. »

Quelques perspectives sont ensuite mentionnées.

Cette thèse est un travail de recherche d'un très haut niveau scientifique. Elle est rédigée en anglais, parfaitement construite, écrite et illustrée magnifiquement (chapitres 1 à 7) et elle est complétée par une version française abrégée, sous forme d'un chapitre 8.

La lecture du procès-verbal de soutenance a conforté l'impression d'un travail de grande qualité et rigueur. En voici quelques extraits :

“All members of the jury underlined the rigor demonstrated by Saba Keyvanshokouhi in her approaches and recognized her particular expertise in the areas of modeling and programming. Thanks to her work, the Soil Science community as well as the Climate Science community and the scientists interested in effects of land-use changes have now access to a view useful, powerful, and flexible tool to analyze soil dynamics under global changes. The whole jury appreciated her outstanding, well-structured and creative oral presentation, whose form was considered as an example a perfect PhD thesis communication... Saba Keyvanshokouhi was neither a modeler nor a Soil Scientist before she started her PhD work, and the jury was impressed by her in-depth knowledge in the topic and the high level of maturity demonstrated by her excellent answers to the questions of the jury during the debate...”

Cette thèse mérite une reconnaissance par l'Académie d'agriculture de France par la mise sur le site de l'Académie, à titre de valorisation, de cette analyse.

IMPACT DU FEU SUR LA DÉMOGRAPHIE DES GRAMINÉES DE SAVANE (LAMTO : CÔTE D'IVOIRE)

Thèse de Kouamé Fulgence **KOFFI**¹

Analyse de Bernard **SAUGIER**²

Co-Directeur de thèse : Sébastien BAROT, Directeur de recherche, IRD.

Co-directeur de thèse : Souleymane KONATE, professeur à l'Université Nangui Abrogoua (Abidjan).

Cette thèse, co-dirigée par Sébastien Barot, Dr IRD et Souleymane KONATE, professeur à l'Université Nangui Abrogoua (Abidjan), a été préparée à la station de Lamto (Côte d'Ivoire) et à l'Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement (Sorbonne Université-Campus Jussieu, ex. Paris VI) et soutenue à Paris le 30 janvier 2019.

J'ai personnellement été heureux de voir des travaux de recherche reprendre dans cette station de Lamto qui avait été un peu abandonnée, suite aux graves troubles agitant la Côte d'Ivoire. Le sujet est présenté comme relativement neuf : il y a eu diverses études sur la démographie des arbres en savane, mais peu sur celle des graminées, qui représentent pourtant l'essentiel de la production primaire. Dans l'introduction, il aurait été bon de redonner quelques chiffres sur la production de biomasse des savanes, comparée à celle d'autres milieux, et de présenter les quelques études de démographie de graminées déjà réalisées. Aussi, une présentation précise de la phénologie des espèces étudiées aurait été utile, en situant par exemple les dates de floraison et de fructification par rapport à celles du passage du feu.

La thèse est divisée en six chapitres, 1. Introduction, 2. Matériel et méthodes, 3 à 5 Résultats (en anglais) et 6. Conclusions et perspectives. La rédaction est claire, les résultats sont bien présentés, le chapitre 3 a fait l'objet d'un article accepté à *Journal of tropical Ecology*, le chapitre 4 est soumis à publication et le 5 est encore en préparation, sa rédaction nécessitant encore quelques améliorations (tests statistiques notamment). L'auteur étudie quatre régimes de feu (feu précoce, de mi-saison, tardif et pas de feu) et leur effet sur la démographie de neuf espèces de graminées dont trois particulièrement abondantes dans la zone d'étude : *Andropogon canaliculatus*, *Hyparrhenia diplandra* et *Loudetia simplex*.

¹ Thèse de doctorat d'écologie réalisée en co-tutelle entre « Sorbonne Université » et l'« Université de Nangui Abrogoua » (Abidjan), ED 227 : Sciences de la Nature et de l'Homme : évolution et écologie (IEES-Paris.EMS) Ecologie intégrative : des mécanismes aux services écosystémiques, soutenue le 30 janvier 2019.

² Bernard Saugier, membre de l'Académie d'agriculture de France, section 5 « Interactions milieux-êtres vivants ».

ANALYSES DE THÈSES

Il a ainsi cartographié et mesuré pendant trois ans plus de 5000 touffes de ces graminées sur quinze parcelles de terrain représentant 375 m² (soit une densité moyenne de quatorze touffes par m²) et a étudié la croissance ou régression de ces touffes, leur fragmentation (souvent après une mortalité au centre de la touffe) et l'apparition de touffes nouvelles par germination de graines ou par croissance de rhizomes. C'est un travail long et minutieux qui me paraît avoir été bien conduit. Certains résultats sont très clairs : ainsi *Loudetia simplex* ne peut pas survivre en l'absence de feu. De manière générale, un feu précoce ou de demi-saison est bénéfique aux graminées, alors qu'un feu tardif leur est nocif (sauf pour la fertilité), sans doute parce qu'il est plus violent, les touffes ayant davantage de biomasse sèche, et parce qu'il affecte les méristèmes des graminées, qui sont protégés lors des feux plus précoces.

L'auteur a choisi de se placer loin de l'influence des arbres, et aussi des termitières. C'est une simplification sans doute utile pour ne pas mélanger les facteurs, mais on peut se demander comment la présence des arbres ou des termitières affecte la croissance et la survie de ces graminées.

Globalement, j'ai trouvé qu'il s'agissait d'un travail important, conduisant à des résultats clairs qu'il convient de généraliser. Les traitements statistiques conduits dans les chapitres 3 et 4 sont en général bien justifiés, les conclusions sont bien écrites et visiblement, l'auteur a bien compris les limites de son travail, ce qui lui permet de tracer des perspectives claires. Parmi ces perspectives, j'ai trouvé intéressante l'idée d'étudier plus finement la distribution spatiale des touffes de graminées en interaction avec leur démographie. On sait qu'un des paradoxes de ces savanes est d'avoir une forte production de biomasse sur un sol très peu fertile. Cela s'explique par un fort recyclage des éléments minéraux par les graminées, qui pourrait être étudié en même temps que leur démographie.

Les savanes présentent-elles un intérêt pour le monde agricole ? Au moment où l'on cherche à favoriser la biodiversité dans les agrosystèmes, il peut être intéressant d'étudier la façon dont les écosystèmes "naturels" à forte production se partagent les ressources du milieu entre plusieurs espèces, peut-être cela peut-il servir de modèle pour construire des agroécosystèmes plus durables.

Je donne un avis favorable pour la valorisation de ce travail de thèse par la mise sur le site de l'Académie d'agriculture de ce document, pour plusieurs raisons : intérêt du sujet, soin apporté à la collecte des données et à leur traitement, aptitude de l'auteur à dégager les points forts du travail et ses limites, et perspectives claires pour la suite du travail.

RÉPONSE IMMUNITAIRE INNÉE ET ADAPTATIVE DU PORC FACE AUX VIRUS DU SYNDROME DYSGÉNÉSISQUE ET RESPIRATOIRE PORCIN

Thèse d'Elise **BORDET**¹

Analysée par Jeanne **GROSCLAUDE**²

Directeur de thèse : Nicolas BERTHO, Chargé de recherche, INRA (U0892)

Cette thèse aborde une pathologie virale d'impact majeur pour les productions porcines. Le virus du syndrome dysgénésique et respiratoire porcin (SDRPv), répandu mondialement, est apparu en Europe au début des années 1990. Les nombreuses souches circulantes du virus provoquent des troubles respiratoires, avec des surinfections bactériennes, et des troubles de la reproduction, conduisant à des avortements et à une mortalité élevée des porcelets. Le virus est fortement transmissible, présent dans les liquides excrétés et rémanent sur les objets contaminés. En 2006, des souches hautement pathogènes sont apparues brutalement en Chine, pointant le risque majeur de cette épizootie, qui peut se révéler soudainement dévastatrice. Les souches présentes en Europe de l'Est sont très virulentes et mortelles, les souches circulant dans l'Ouest de l'Europe sont peu virulentes mais induisent des co-infections bactériennes. Le polymorphisme des souches virales et le taux de mutation élevé contribuent à rendre difficile l'obtention de tout vaccin sûr, les essais de vaccins atténués ayant contribué à la diffusion mondiale du virus. Des barrages à l'importation ont permis à quelques pays de rester indemnes (Suède, Australie, Brésil). Le coût des pertes économiques en Europe dues à ce virus est évalué à 1,5 milliards d'euros par an, le plaçant comme pathogène le plus coûteux de l'industrie porcine.

Devant ce bilan, les études virologiques et immunologiques ont été largement développées, et la thèse commence par un état des lieux des connaissances scientifiques, côté virus comme côté acteurs de la défense immunitaire du porc. Les champs de la virologie et de l'immunologie sont parfaitement maîtrisés par la rédactrice, ce qui permet au lecteur d'acquérir les informations nécessaires à la compréhension de la démarche de thèse, à travers trois chapitres introductifs recensant les connaissances acquises sur le SDRPv et les acteurs de la réponse immunitaire. Ce mini-traité de virologie et d'immunologie, assez scolaire, encyclopédique, bien illustré, bénéficie d'une écriture très claire et structurée, en rendant la lecture (presque) aisée.

Pour ce qui a trait spécifiquement au virus SDRPv l'importance de la souche considérée est bien posée. Le virus, qui se réplique dans les macrophages pulmonaires, ceux du placenta et ceux des organes lymphoïdes, interagit avec les réponses innée et adaptative du porc.

¹ Thèse de doctorat soutenue devant l'Université de Paris-Saclay, école doctorale n°581 ABIES d'AgroParisTech, spécialité Immunologie, le 16 octobre 2018.

² Jeanne Grosclaude, Directeur de recherche honoraire de l'INRA, membre de l'Académie d'agriculture de France, section 3 « Production animale ».

ANALYSES DE THÈSES

L'infection impacte la production d'interféron et les fonctionnalités des lymphocytes *Natural Killers*. Mais les connaissances sur la réponse cellulaire et humorale face au SDRPv sont limitées, dépendantes de la souche étudiée, ouvrant le domaine des investigations qui sont le corps de la thèse.

La problématique de la thèse est bâtie en quelques questions, chacune étant traitée dans une publication scientifique incorporée au corps du document (quatre publications présentées). Existe-t-il, *in vivo*, des cibles cellulaires du virus qui n'auraient pas été identifiées par les études sur cellules *in vitro* ? Quels mécanismes, notamment au niveau des cellules dendritiques, expliquent la variabilité entre souches virales dans leur capacité à induire une réponse immunitaire ? Comment la réponse humorale en anticorps neutralisants est-elle retardée, l'infection virale affecte-t-elle le rôle activateur des lymphocytes B par les macrophages ganglionnaires ?

A chacune est consacrée un énorme travail expérimental d'analyse et de tri de populations cellulaires, de contrôle de leur infection potentielle par le virus en recherchant la présence d'ARN viral par amplification de type PCR, de prélèvements *in vivo* aux niveaux alvéolaires, ganglionnaires. Le travail a bénéficié de coopérations techniques et scientifiques considérables, permettant à la doctorante d'être immergée dans des équipes performantes où elle a tenu toute sa place.

Les principaux résultats marquants originaux sont 1) la mise en évidence que la population « AM-like » de macrophages alvéolaires (distincts des macrophages AM du tissu pulmonaire), accessibles par lavage bronchial, est le relais d'une multiplication intense du virus ; 2) la démonstration que contrairement aux résultats publiés sur les souches américaines par des tests *in vitro*, les cellules dendritiques « primaires » du porc ne sont pas infectées par les souches européennes, mais que ces dernières se distinguent par leurs capacités à les activer fonctionnellement ; 3) qu'au niveau ganglionnaire, il existe des populations de macrophages hautement sensibles à l'infection par le virus, impactant l'induction des lymphocytes B et la réponse humorale.

L'étude de l'infection, *in vivo* et *in vitro*, par les souches du SDRPv, illustre la complexité des perturbations de la réponse immunitaire lorsque la cible cellulaire du virus est une population, ou des populations, de cellules impliquées dans la défense immunitaire. En même temps cette étude, exploitant la variabilité des souches du virus, permet un bond dans l'approfondissement des connaissances sur l'appareil immunitaire du porc, augurant de nouvelles pistes de défense contre les pathogènes par ingénierie immunologique.

L'excellence de cette thèse, qui a été distinguée par plusieurs prix académiques, résulte de la conjonction d'un énorme travail parfaitement dominé intellectuellement par la doctorante et d'un sujet extrêmement porteur au sein de la problématique plus large des nouveaux modes de défense contre les pathogènes en élevage.

Cette analyse de thèse mérite de figurer sur le site de l'Académie d'agriculture de France à titre de valorisation des excellents résultats de ces travaux.

QUELLES INTERACTIONS DYNAMIQUES ENTRE SYSTÈMES ALIMENTAIRES DU MILIEU ET PROXIMITÉS TERRITORIALES

Thèse de **Julie LEQUIN**¹

Analyse de **Bernard ROUX**²

Directeur de thèse : Jean-Eudes BEURET, Professeur en économie à Agrocampus Ouest (UMR ESO)

Les modalités de production, de transformation et de commercialisation des produits agricoles se diversifient. En effet, sous l'effet d'influences techniques, sociales et naturelles, l'organisation des filières traditionnelle est discutée, remise en question, voire vivement critiquée. C'est pourquoi sont apparues de nouvelles organisations, notamment celles qui reposent sur les articulations mises en œuvre par des acteurs situés sur un même territoire de dimensions limitées. La recherche en a fait l'un de ses objets, élaborant des concepts comme, par exemple celui de SYAL (système agroalimentaire localisé). Mais les recherches sur les liens entre les territoires et les systèmes agro-alimentaires sont loin d'être stabilisées. De nouvelles approches apparaissent comme le démontre la thèse de doctorat évoquée ici. Le concept utilisé par l'auteure est celui de système alimentaire du milieu (SYAM), forgé avant elle et variante d'autres travaux élaborés pour rendre compte de la multiplicité des acteurs qui interviennent sur un même territoire. En l'occurrence, le concept de SYAM a été élaboré pour intégrer la diversité des types d'acteurs, non seulement des agriculteurs mais aussi des transformateurs et des commerçants, voire des institutions comme les collectivités locales.

La thèse de Julie LEQUIN est un exemple de ces nouvelles recherches sur la territorialisation des réseaux d'approvisionnement alimentaire, comme l'indique le titre de ce travail sociologique : « Quelles interactions dynamiques entre systèmes alimentaires du milieu (SYAM) et proximités territoriales ? Communautés de valeurs, communautés d'intérêts et communautés de pratiques. Thèse présentée et soutenue à Rennes, le 20 décembre 2018 à l'École doctorale N° 604 Sociétés, Temps, Territoires Spécialité : Économie et société.

En bonne doctorante, l'auteure commence par une revue de la littérature sur le domaine qu'elle s'est donné, qu'il s'agisse notamment des nombreux travaux sur les SYAL ou sur l'approche de la proximité. Après quoi, elle annonce qu'elle retient le concept de SYAM, choisi pour tenir compte de la diversité des acteurs constituant les réseaux qu'elle se propose d'étudier, le concept de SYAM ayant été adopté précisément en raison du fait que certaines combinaisons d'acteurs rassemblent des entreprises correspondant à des secteurs

¹ Thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur de l'Université de Rennes 2 (COMUE Université Bretagne Loire) et soutenue à Rennes, le 20 décembre 2018 à l'École doctorale N° 604 Sociétés, Temps, Territoires Spécialité : Économie et société.

² Membre de l'Académie d'agriculture de France, Section 10, « Économie et politique ».

ANALYSES DE THÈSES

d'activité et à des formes juridiques variées, comme des agriculteurs, des artisans transformateurs, des commerces, y compris les GMS. Son ancrage théorique s'inscrit dans la « nouvelle approche sociologique des organisations » et correspond « au modèle de la traduction, notamment à la grille d'analyse développée par Callon (1986) (...) ainsi qu'aux travaux relatifs aux réseaux technico-économiques (Callon, 1990). » Elle précise : « comprendre la construction des SYAM (...) est pour nous essentiel » et ajoute : « Le référentiel théorique de la sociologie de la traduction a été retenu pour notre démarche analytique car c'est une forme de théorisation des mécanismes de production de la coopération. » Julie LEQUIN se propose donc de développer son étude dans la dynamique temporelle des objets qu'elle a choisis, ce que confirme la description de ses trois terrains d'analyse descriptive. Selon l'auteure, la thèse a « à la fois des objectifs de recherche, mieux comprendre les dynamiques de construction des SYAM par l'étude des processus qui sous-tendent leur émergence et leur développement, et un objectif opérationnel : mieux accompagner leur développement. ». A la lecture du travail final, il apparaît que si le premier objectif a abouti, il n'en est pas de même du second.

Initialement, la thèse devait s'inscrire « en Lozère et devait se focaliser sur un terrain servant d'expérimentation : la reprise collective d'une laiterie historique, faisant face à des difficultés économiques et de régularité de la qualité (...) un projet porté par la SCIC La Fabrique des Territoires Innovants (FTI), entreprise de conseil et recherche au sein de laquelle l'auteure a réalisé sa thèse *via* le dispositif de Convention Industrielle de Formation par la Recherche (CIFRE) ». Dans les faits, le travail de terrain s'est développé en Alsace, dans la périphérie nantaise et dans le pays de Rennes. En Alsace, le SYAM étudié concerne des agriculteurs en agriculture biologique (SCIC Solibio) avec d'autres acteurs et les liens reliant producteurs, transformateurs, grossistes et restauration collective dans le but d'approvisionner la restauration collective, les grandes et moyennes surfaces ainsi que des magasins spécialisés. Dans la périphérie nantaise, il s'agit d'un circuit de proximité carné (De la terre à l'assiette) mettant en œuvre un atelier de découpe et de transformation mutualisé ainsi qu'un circuit logistique de vente aux particuliers, aux professionnels et à la restauration collective. Le réseau du Pays de Rennes, le plus complexe et le plus large, est constitué de points de vente collectifs ; de groupements de restauration collective ; de systèmes de vente collective en paniers ; il bénéficie de diverses structures accompagnatrices : les structures associées au pôle InPACT : FRCIVAM Bretagne, FDCIVAM 35, Accueil Paysan etc. ; les structures de la profession agricole « classique » notamment la Chambre d'agriculture d'Ille-et-Vilaine ; les collectivités territoriales : Rennes Métropole et le Pays de Rennes ; des acteurs de la recherche (Université Rennes 1 et Rennes 2 et Agrocampus Ouest). Le travail de recherche s'est appuyé sur une description minutieuse des acteurs de ces trois SYAM, de leurs liens et de l'évolution dans le temps, aussi bien de ces liens que de la participation des acteurs eux-mêmes. Les résultats de ces observations constituent l'une des richesses de la thèse.

A travers l'étude de ces terrains, Julie LEQUIN annonce sa question de recherche : « au travers de quels processus le système commun de valeurs sur lequel s'adosse un SYAM, système hybride composé d'acteurs hétérogènes, peut-il, d'une part, émerger puis se consolider et, d'autre part, porter l'irréversibilisation du réseau des parties prenantes du système ? » Pour y répondre, elle mobilise les notions de communautés de valeurs, d'intérêts et de pratiques qui « permettent d'alimenter une approche opérationnelle », l'accompagnement d'un SYAM reposant sur la recherche d'un équilibre entre ces trois communautés sur lesquelles repose l'action collective.

ANALYSES DE THÈSES

Dans sa conclusion, grâce aux résultats de ses travaux de terrain, Julie LEQUIN avance quelques généralisations. En ce qui concerne l'émergence des SYAM, elle souligne « le rôle clé des personnes ayant accompagné les projets (...) et parfois le défaut d'accompagnement de la vie des collectifs à des stades de développement plus avancé » et affirme « que l'accompagnement doit être incarné par des individus extérieurs au projet (...); un système agroalimentaire territorialisé, porteur d'une ou plusieurs actions collectives, ne peut émerger que s'il y a une ressemblance entre les acteurs c'est-à-dire l'adhésion à un système commun de valeurs. » Par ailleurs, « L'analyse des familles de valeurs identifiées montre que les valeurs sont notamment mises à l'épreuve lors des phases d'élargissement du réseau. Ceci conduit à des reconfigurations du réseau, tantôt par la redéfinition du fait qu'il porte, tantôt par la recomposition de ces acteurs. »

Sur la dynamique des réseaux, Julie LEQUIN observe : « Le développement du réseau est marqué par des phases d'élargissement ou de contraction (...). Tantôt l'élargissement permet de densifier le réseau, tantôt cet élargissement induit une complexité qui peut le fragiliser. Tantôt la contraction permet de stabiliser le réseau. » Sur le fonctionnement des SYAM, l'auteure souligne « une articulation complexe entre les intérêts individuels des acteurs, l'intérêt collectif et l'intérêt général territorialisé (...). L'intérêt collectif et l'intérêt général territorialisé peuvent être mis en tension, notamment car le second peut être valorisé au détriment du premier, lorsque les acteurs institutionnels sont fortement impliqués dans le projet. » Il faut noter que les exemples de terrain démontrent, en effet, la présence active d'institutions dans la mise en œuvre des SYAM (Syndicats, CIVAM, Collectivités territoriales, etc.). Enfin, il est rappelé le rôle du personnel salarié d'accompagnement : « Les salariés et chargés de mission sont autant d'individus aux compétences essentielles qui jouent un rôle structurant dans les projets. Un manque d'animation du collectif peut jouer sur le maintien de la convergence. »

Sans négliger l'apport de la thèse de Julie LEQUIN à la formalisation d'instruments théoriques utiles à l'application du concept de SYAM, nous retiendrons l'intérêt que représente son analyse concrète de l'émergence et du fonctionnement des réseaux d'acteurs dans trois zones d'approvisionnement alimentaire à destination des urbains, particulièrement par l'agriculture biologique pour la restauration collective. Dans une période d'émergence de nouvelles modalités d'articulation entre producteurs agricoles, transformateurs, distributeurs et consommateurs, le travail de Julie LEQUIN doit être salué et d'être valorisé par la mise sur le site de l'Académie d'agriculture de France de ce document d'analyse.

**USING GENOMIC INFORMATION TO CONSERVE GENETIC DIVERSITY
IN LIVESTOCK**

Thèse de Sonia **EYNARD**¹

Analysée par Claire **ROGEL-GAILLARD**²

Directeurs de thèse :

Dr Mario P. L. CALUS, Professeur associé en génétique et génomique animale et élevage, Wageningen University and Research

Co-directeurs de thèse :

Dr Gwendal RESTOUX, Professeur assistant en génétique, élevage et reproduction, AgroParisTech, France

Dr Jack J. WINDIG, chargé de recherche en génétique et génomique animale et élevage, Wageningen University and Research

Ce travail de thèse contribue de manière significative aux recherches en génétique animale sur la plus-value offerte par des informations génomiques pour, d'une part caractériser la diversité génétique et, d'autre part, améliorer les stratégies de sélection, afin de garantir un équilibre entre gain génétique sur des objectifs de sélection et maintien de la diversité, indispensable pour la durabilité des systèmes d'élevages sur le long terme. Un accent particulier est mis sur l'importance de préserver les allèles rares dans les populations. Sans précaution particulière, ces allèles rares sont à risque d'élimination rapide, alors qu'ils sont source de polymorphismes d'intérêt pour caractériser le déterminisme génétique de caractères complexes et de maladies rares. Sans que le terme agroécologie ne soit mentionné dans le document de la thèse, les résultats et les informations qui y figurent participent aux travaux sur le rôle de la diversité génétique dans l'adaptation des animaux à des environnements non optimaux, dans une perspective de transition agro-écologique des élevages. A tous ces titres, cette thèse mérite attention.

L'introduction du document dresse un panorama bien construit sur des éléments importants à relier pour appréhender la dualité entre performances de sélection et gestion de la diversité : 1) état des lieux de la diversité des races chez les bovins, les petits ruminants, le porc et la poule, avec définition des niveaux de risque de disparition et les proportions de races à risque ou non par espèce ; 2) processus qui conduisent à une

¹ Thèse de doctorat réalisée en cotutelle entre AgroParisTech et l'Université de Wageningen, ED européenne EGS-ABG (European Graduate School in Animal Breeding and Genetics, program Erasmus Mundus), présentée et soutenue à l'Université de Wageningen (Pays-Bas) le 23 février 2018, pour obtenir le titre de docteur de l'Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France, spécialité Génétique animale ED N°581 (ABIES).

² Claire Rogel-Gaillard, membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, section 3 (Production animale)

ANALYSES DE THÈSES

modification de la diversité génétique, incluant la domestication, la création de races, la sélection naturelle ou artificielle, la conservation : 3) les méthodes de gestion de la diversité génétique à la fois *in situ* (animaux sur pied) et *ex situ* (cryobanques ou banques de gènes) ; 4) les mesures de la diversité génétique (taux et coefficient de consanguinité, apparentement, hétérozygotie attendue et observée) ; 5) la nature de l'information génomique disponible : puces de génotypage denses sur tout le génome et séquençage complet des génomes (WGS pour Whole Genome Sequencing), donnant ainsi potentiellement accès aux allèles rares et permettant une meilleure estimation de la taille effective des populations.

Une première partie des résultats a pour objet de comparer l'apport des informations de WGS, de génotypage par puces SNP et de généalogie dans la mesure de la diversité génétique et dans l'impact de leur utilisation pour réduire l'érosion de la diversité dans des schémas de sélection.

Ces résultats concernent la race Prim'Holstein et exploitent les données du projet 1000 génomes bovins.

1. *Apport des WGS par rapport aux données de généalogie et de génotypage pour mesurer l'apparentement et les coefficients de consanguinité.* Les données WGS fournissent une information génomique considérée comme exhaustive, avec accès aux variants absents des données de génotypage et à ceux dont les fréquences de l'allèle minoritaire sont inférieures à 5% (allèles rares). Les corrélations entre relations interindividuelles estimées à partir de généalogies ou d'informations génomiques étaient élevées mais toutefois plus basses qu'entre les estimateurs basés sur les informations génomiques. Inclure les variants rares améliore significativement les relations estimées entre individus, apportant ainsi une meilleure précision quant à l'apparentement et la consanguinité. Il en est conclu qu'exploiter des données WGS contribue à une meilleure préservation de la diversité génétique.
2. *Impact des décisions de sélection sur la perte de diversité selon les informations prises en compte.* Pour aborder cette question, il a été proposé d'étalonner la diversité en tenant compte des variants issus des données WGS, qui restaient polymorphes (donc non fixés) dans la population sélectionnée. Deux schémas de sélection basés sur la contribution optimale ont été comparés avec, soit couplage entre maximisation du gain génétique et minimalisation de la perte de diversité (schéma classique), soit centrage sur le maintien de la diversité génétique. Les résultats montrent que, pour estimer les relations entre reproducteurs, l'utilisation des données de génomique (WGS ou génotypage SNP) conduisent aux mêmes résultats sur la diversité de la population sélectionnée, plus élevée qu'avec l'utilisation des données de généalogie. En conclusion, il est suggéré de privilégier l'utilisation de matrices de parenté basées sur des données de génomique et non de généalogie.

Une seconde partie des résultats a pour objectif d'étudier comment maintenir, voire enrichir la diversité génétique des populations en sélection

1. *Cas des populations de référence en sélection génomique.* La sélection génomique, basée sur le phénotypage et le génotypage de populations de référence avec ensuite seulement génotypage des populations en sélection, a permis une forte accélération du progrès génétique par réduction de l'intervalle de génération, mais a aussi entraîné une érosion de la diversité. L'impact sur la diversité d'ajouter dans la

ANALYSES DE THÈSES

population de référence des animaux choisis de manière aléatoire ou par les méthodes décrites dans la première partie des résultats de la thèse a été estimé par des simulations sur dix générations. Les résultats montrent que ces stratégies conduisent à une meilleure conservation de la diversité génétique, avec toutefois une légère baisse du gain génétique sur le long terme. Sans que cette baisse de long terme du gain génétique ne soit quantifiée sur le plan économique, ces résultats conduisent à la recommandation de combiner l'approche de contribution optimale aussi bien pour l'entretien de la population de référence que pour le choix des reproducteurs utilisés pour la sélection en tant que telle.

2. *Exploitation des cryobanques et banques de gènes pour augmenter la diversité : exemple de la race néerlandaise Meuse-Rhin-Yssel (MRY)*. Cette partie du travail permet d'illustrer concrètement l'intérêt d'exploiter les réserves génétiques constituées par de la semence d'animaux anciens en les combinant avec de la semence de taureaux plus récents. Le couplage entre plus grande diversité génétique des taureaux anciens et meilleures performances des taureaux récents a conduit à augmenter la diversité en surpassant les performances de la population initialement sous sélection. Un champ d'application privilégié serait celui des petites races.

La discussion reprend l'ensemble des résultats dans une perspective de durabilité qui devra élaborer des stratégies de sélection qui entretiennent la diversité génétique, seule garante de l'adaptabilité des populations sous sélection sur le long terme. Les cryobanques considérées comme des banques de gènes sont mises en avant comme ressources à constituer (avec des critères incluant des informations génomiques notamment pour choisir au mieux les animaux à conserver) et à utiliser pour maintenir voire enrichir la diversité génétique par croisement et introgression. La thèse propose des stratégies de sélection qui favorisent le maintien de la diversité tout en contribuant au progrès génétique. Les questions abordées permettent également de faire des liens avec la gestion des populations sauvages captives.

En conclusion, ce travail de thèse ambitieux traite d'un sujet majeur pour la durabilité des élevages, à une interface entre génétique des populations et sélection génomique. La sélection génomique se dissémine à de plus de plus d'espèces et de races et démontre son efficacité. Conduire des recherches théoriques et à vocation opérationnelle sur les stratégies à développer pour contre balancer l'érosion génétique observée est une priorité abordée de manière réfléchie et très bien construite dans ce travail de thèse.

Cette thèse mérite d'être valorisée par la mise sur le site de l'Académie de ce document d'analyse.

VISITE DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

Au 78^{ème} Salon International de la Machine Agricole (SIMA)

Claude **SULTANA** (section neuf) avec la participation de René **AUTELLET** (section neuf)

Tenir ses confrères au courant de l'évolution des agroéquipements est une mission récurrente que remplit René AUTELLET en organisant une visite du SIMA lors de chaque édition de cet événement. Martine DEGRÉMONT, Directrice du salon, accueillait le jeudi 28 février 2019 un groupe d'académiciens et remerciait l'Académie d'Agriculture pour sa fidélité dans le suivi de ce salon. En rappelant son attachement à cet événement qu'elle organise pour la dernière fois, elle présente Isabelle ALFANO qui lui succédera.

Les exposants sont en légère progression (1800) et comptent de nouveaux venus, notamment d'Europe centrale et du Moyen Orient. 27 produits sont récompensés cette année dont la moitié en rapport avec le numérique. Parmi les exposants 35 start-up sont dans le digital. On peut visiter un village de l'innovation et globalement il y a 700 nouveautés dans les produits exposés.

La visite débute par le village de l'innovation où le groupe est accueilli par Mathilde RIVIERE, d'AgrOnov'. Le groupe fait un tour rapide des stands où il rencontre Liselore MARTIN qui, en charge de l'action AgrOtech (*responsable du plan de formation agro-écologie chez AgrOnov'*), explique son rôle de création de synergies entre les entreprises engagées dans cette voie. Un autre animateur du village présente son champ d'intervention, la stimulation de la biologie des sols. Une start-up crée des jeux vidéo s'adressant au grand public et aux établissements d'enseignement pour simuler la gestion d'une exploitation. Une vidéo montre une démonstration d'un robot pour le désherbage de précision.

René AUTELLET nous présente les lauréats des innovations de cette année. Le groupe continue sa visite sur ce village de l'innovation par le projet d'agriculture verticale qui permet d'observer l'influence de la couleur de la lumière sur la croissance des plantes. Pierre JORAN précise qu'on peut faire varier le spectre de la lumière à volonté. Actuellement il existe peu de fermes verticales. On en trouve en Chine, et en Europe un projet est en cours en Suède. En France c'est une application de recherche.

L'agrivoltaïsme utilise les panneaux pour protéger la culture en créant de l'ombre pour les plantes, ce qui réduit les besoins en eau. Le producteur d'électricité gère les panneaux et finance la structure. Des projets sont en cours au Maroc. L'agro-campus de Vesoul présente un robot de désherbage par pulvérisation plante par plante. Le guidage se fait par ultrasons et la reconnaissance des plantes par infrarouge. Cette réalisation est un exercice pédagogique.

VIE DE L'ACADÉMIE

Nicolas MOREL nous accueille sur le stand New-Holland pour nous présenter le freinage intelligent. Il s'agit du freinage automatique des remorques : la mesure de l'effort de poussée à la décélération pilote le freinage automatiquement. On nous fait remarquer que le tracteur présenté est équipé de pneus Michelin Evobib dont il a été largement question lors du Sima précédent (*médaille d'Or*).

Le stand Pôle mobilité agriculture durable expose un tracteur-concept : cabine bulle pour une visibilité tous azimuts, tableau de bord au centre du volant et moteur au méthane. Ce moteur sans filtre à l'échappement répond à la norme Euro 5 et peut être homologué. Une version définitive est en préparation. A la question pourquoi avoir choisi le méthane plutôt que l'hydrogène, il est répondu que l'on dispose d'éléments chiffrés pour le méthane alors que le développement de l'hydrogène demande un saut technologique au niveau des piles à combustible. La méthanisation serait une source d'approvisionnement possible, mais elle est majoritairement orientée vers la production d'électricité. Par ailleurs il y a beaucoup de sources de gaz qui peut être facilement stocké sous 200 bars de pression. Il y a 4 ans un moteur polycarburant avait été présenté (*médaille d'Or 2013 John Deere*) ; il ne pouvait pas être homologué. C'est différent aujourd'hui.

Christophe GUIZARD, IRSTEA, présente un robot de désherbage électrique. Un tel projet avait été initié dans les années 90 et abandonné. Il a été repris en collaboration avec d'autres instituts et la réalisation est suisse. Le travail a porté sur la caractérisation du végétal. La pulvérisation est protégée par des lames d'air pour éviter la dispersion. Ce matériel devrait être prêt en 2021. On nous parle d'autres projets en cours à l'IRSTEA, comme l'adaptation de la pulvérisation au volume de végétation ou encore la mesure de l'impédométrie des sols par des dents sous-soleuses.

Bernard BENET explique l'identification des maladies de la betterave par l'utilisation d'une caméra au bout d'un bras articulé : selon la couleur des feuilles, on connaît la nature de la maladie et les surfaces touchées. Il est alors possible d'après cette cartographie de traiter au bon endroit.

Sur le stand Kuhn Gilbert GRENIER présente l'Ipray, une caméra multispectrale ou hyper spectrale. Cette caméra dispose de davantage de longueurs d'onde ce qui permet de distinguer des nuances de couleurs, comme vert sur vert, et ainsi arriver à identifier la mauvaise herbe pour un traitement localisé par spot, d'où une économie d'herbicide.

La visite continue chez Sodijantes Industries où nous sommes accueillis par la Présidente Stéphanie DEBOUDE. Une médaille d'argent a été décernée pour récompenser la roue à réserve d'air intégrée. Cela réduit le temps de télégonflage quand le tracteur quitte le champ et facilite la régulation de la pression selon les conditions de travail.

Sur le stand suivant, c'est là encore une femme qui dirige l'entreprise, ce qui est assez rare pour être signalé. Nathalie COGNIEL vient en effet de succéder à son père Bernard à la tête de BEISER Environnement. C'est une société spécialisée dans la distribution des produits d'élevage. Elle a reçu une médaille de Bronze pour un râtelier monté sur remorque et protégé de la pluie dont l'originalité est la connexion qui permet, grâce à un capteur sous le châssis, de vérifier la consommation, de déterminer l'alimentation moyenne et d'alerter pour le réapprovisionnement.

VIE DE L'ACADÉMIE

Un arrêt chez Laforge permet à Hubert DEFRANCQ d'expliquer le principe du Dynatrac, interface de guidage des outils de binage, qui a obtenu une médaille d'or. La bineuse doit être maintenue dans le rang avec précision et, pour éviter les flottements latéraux du tracteur, on fait ordinairement appel à des disques ancrés dans le sol qui évitent les écarts latéraux, mais provoquent des efforts préjudiciables. Dans le cas du Dynatrac, la stabilité de l'outil est obtenue par le report du point de traction à l'avant du tracteur, ce point étant le point de jonction de la prolongation des bras d'attelage. C'est, par comparaison, le même principe qu'avait mis en œuvre Ferguson pour obtenir la tenue en raie de la charrue sans recours au talon. Dans le cas du Dynatrac, la machine suit très bien sa trajectoire de guidage sans perturber le tracteur.

Gilbert GRENIER commente le dispositif de suivi dynamique de la végétation par des capteurs connectés au champ pour le pilotage de la culture. La médaille d'argent décernée à Bosch, valorise une collaboration Bosch, Hyphen et Arvalis. L'observation de la parcelle se fait par plusieurs capteurs et une caméra pour un suivi (de jour) sur un m². C'est la référence terrain mixée avec l'info satellite, pour la prévention et le suivi de l'évolution du rendement. Il peut y avoir un dispositif par parcelle ou par zone selon le cas.

De Sangosse a obtenu une médaille d'Argent pour un dispositif pour le comptage des limaces. Rémi PABES nous le présente. A l'origine la firme était orientée vers la fabrication d'anti-limaces, aujourd'hui elle se tourne vers le biocontrôle. Le dispositif connecté pour le comptage des limaces est un capteur avec caméra qui photographie le sol (1 m²), transmettant des centaines d'images dans la nuit. Un algorithme détecte les limaces et les infos sont transmises par téléphone. Les images sont conservées un certain temps. Pour l'instant le matériel est programmé pour les limaces, mais rien n'empêche d'envisager d'autres ravageurs.

Amazone a été récompensée pour un dispositif corrigeant l'influence du vent dans la distribution d'engrais par un appareil centrifuge inspiré des travaux du professeur WILDE de Dresde. Emmanuel LÉVÊQUE explique que l'ajustement des réglages des disques droite et gauche est indépendant et porte sur la vitesse de rotation et le point d'arrivée des granulés sur le disque. Il n'y a pas de correction en fonction de la pente. Un système de radar suit la projection en sortie de disque. Jean-Louis BERNARD demande quel est le comportement des poussières qu'il y a toujours dans une formulation d'engrais en granulés ; réponse, cela a peu d'incidence sur la répartition.

Le nouveau Directeur Général d'Amazone, Florent GUILLEMAN, nous dit quelques mots à propos de la reconnaissance de la biomasse devant la rampe. Jean-Louis BERNARD estime qu'il y a un avenir pour ce dispositif pour la maîtrise de l'épandage et remercie le Directeur Général pour cet échange intéressant sur ce matériel.

Du bronze pour Rabaud qui propose un automate radioguidé pour le nettoyage des bâtiments d'élevage avicole. Cet appareil sur chenille peut pulvériser dans toutes les directions du sol au plafond du bâtiment.

John Deere et AirBus ont obtenu une médaille d'argent pour un outil de valorisation des données numériques des capteurs, conçu par une équipe d'anciens élèves d'agroTIC (Techniques d'Information et de Communication). C'est un outil de réflexion à disposition des

VIE DE L'ACADÉMIE

techniciens et agronomes. Par exemple, pour le suivi de la fertilisation N, dans le cas d'utilisation d'un digestat, on aura la connaissance de l'apport de N, la dynamique d'absorption avec suivi des flux de N entre apport et utilisation, et ainsi on pourra remonter la carte des rendements et expliquer les variations (présence de zones asséchantes....).

La visite qui nous aura permis d'approcher quelques innovations se termine sur le stand Claas où nous allons voir plusieurs machines intéressantes. Après un passage à l'accueil où le groupe est reçu par Sébastien DEBORDE, responsable événements, c'est Simon BADOUARD, responsable des ensileuses qui nous présente la chenille Terra Trac, distinguée par une médaille d'or. Cette récompense a pu surprendre pour un produit connu et déjà médaillé dans le passé, mais la rupture technologique est pourtant bien réelle : c'est la première fois qu'un train chenillé peut réduire sa surface de contact. Un obstacle majeur limitait l'adoption des chenilles sur les ensileuses automotrices : le ripage en manœuvres. Ce verrou a sauté, grâce à un système de relevage automatique. L'objectif est en effet de réduire la compaction des sols et de faciliter la rotation de la machine en virage en soulevant le barbotin avant, le barbotin arrière étant bien entendu la roue meneuse. La roue se soulève dès que l'angle de rotation dépasse 15 °.

Les explications à propos de la coupe des moissonneuses-batteuses Lexion nous sont données par Thibaud LEFEVRE. Cette coupe a pour nom Convio Flex. Elle a deux particularités : elle admet une flexion de 22,5 cm et la matière est ramenée vers l'engrenage par des tapis dont la vitesse est proportionnelle à l'avancement. Ainsi quelle que soit la densité de la récolte, l'approvisionnement est plus régulier.

La chargeuse Sinus Torion, nous est présentée par Julien HALLAY. C'est une chargeuse sur pneus dont la direction combine deux procédés : par les roues directrices à l'arrière et par l'articulation centrale, limitée ici à un angle de 30° à droite comme à gauche. Cela apporte un gain de stabilité tout en conservant la maniabilité. Le déplacement sur route peut se faire à 40 km/h.

Une question est posée sur le marché d'un tel engin : il est petit, environ 400 machines/an contre 4000 pour les chargeurs télescopiques ; ce chargeur peut être bien valorisé dans l'approvisionnement des méthaniseurs.

René AUTELLET nous signale que cette année Claas avait déposé 8 dossiers pour des matériels innovants.

Jean-Louis BERNARD, Président de l'AAF, remercie René AUTELLET pour avoir cette année encore préparé cette visite toujours aussi intéressante et Gilbert GRENIER et Frédéric VIGIER qui nous ont accompagnés et apporté toutes les explications utiles pour comprendre les plus qu'apportent les innovations que les constructeurs poursuivent continuellement.

Il est environ 15 heures quand le groupe se sépare, après le déjeuner offert cette année par la société CLAAS. Il reste beaucoup de choses intéressantes à voir et chacun est invité à poursuivre la visite selon ses préférences.

VISITE DE LA FERME DE BULAS À HOUVILLE LA BRANCHE (EURE ET LOIR)

Claude **SULTANA** avec le concours d'André **FOUGEROUX** (section 9)

Monsieur Dominique PÉTILLON et madame Delphine WARTELLE (ingénieur agriculture durable Bayer), accueillent le 23 mai 2019, sur la ferme de Bulas, 20 membres de l'Académie d'agriculture (AAF), dont certains accompagnés de leur conjoint, pour une visite de l'exploitation qui participe au réseau des fermes de références de Bayer. Cette visite a été initiée par notre confrère André FOUGEROUX qui l'a préparée en compagnie de Christian MARÉCHAL. L'introduction de cette journée est faite par André FOUGEROUX qui met en avant les travaux conduits sur la biodiversité dans cette ferme de références qui visent un bon équilibre entre l'économie et l'environnement. Dans ces fermes il y a un inventaire permanent de la biodiversité qui conduit au constat ~~qu'elle n'est~~ qu'elle n'est pas, en milieu agricole, si menacée qu'on l'entend souvent dire.

Delphine WARTELLE présente ensuite le partenariat avec Bayer dans le réseau des fermes de références telle que l'exploitation de Bulas depuis 2011, qui est conduite par Dominique PÉTILLON, son épouse Pascale et leur fils : le but est d'atteindre une meilleure utilisation des produits phytopharmaceutiques pour une agriculture plus durable. Les actions mises en place sont différentes selon les conditions locales. En illustration un petit film nous présente des témoignages d'agriculteurs partenaires du réseau.

Chaque agriculteur gère son exploitation à sa convenance. L'objectif est de travailler en respectant la nature. Les fermes accueillent des visiteurs surtout des scolaires mais aussi tout public.

Le réseau dispose de 8 fermes réparties sur la France, dans la Somme, l'Aisne, la Côte d'or, le Rhône, le Gard, la Gironde, l'Ille et Vilaine et l'Eure et Loir où nous nous trouvons.

Dominique PÉTILLON présente la ferme de Bulas constituée de 3 exploitations, à Houville la Branche (la plus importante), au nord de la N 10 et au sud de Houville, pour une surface totale de 550 ha. Il dirige cette ferme avec l'aide de son épouse, Pascale, de son fils Jérôme et de Stéphane SOUCHAY qui a apporté l'exploitation la plus au sud. Outre la gestion de la ferme de Bulas, Dominique PÉTILLON est maire de la commune et membre de la section céréales et protéagineux de la FNAMS et du GNIS.

La situation des exploitations est au nord de la Beauce et Houville marque la limite nord de la nappe de Beauce. Il y a un forage ici mais pas sur l'exploitation au nord de la N 10.

Dominique PÉTILLON explique son assolement : en tout plus de 10 cultures différentes dont la jachère, la prairie permanente et une pépinière de pommiers sur une parcelle mise à la

VIE DE L'ACADÉMIE

disposition d'un pépiniériste. Elles sont réparties sur les trois exploitations selon l'aptitude des sols et les possibilités d'irrigation.

La production vise la qualité pour une meilleure plus-value : blé dur et blé tendre meunier, production de semences (escourgeon, blé, colza et pois).

En zone non irrigable la rotation comprend des cultures d'hiver, colza, blé, orge ; cette année, en raison de l'automne sec, le colza n'a pas levé et a été remplacé par de l'orge de printemps, du maïs et des lentilles. Cela va créer un manque pour le blé semence de l'an prochain.

Les traitements sont faits selon la nécessité. Pour la betterave, par exemple, la suppression du Gaucho (néonicotinoïde-imidaclopride) entraîne deux traitements supplémentaires pour maîtriser les pucerons vecteurs de virus.

Le sol ne reste pas nu très longtemps. Après la récolte, une culture intermédiaire piège à nitrates (CIPAN) est installée. Toujours dans un esprit de préserver l'environnement, les apports d'azote sont raisonnés (utilisation du logiciel Farmstar), des haies ont été plantées et les jachères sont du type faune sauvage.

Dominique PÉTILLON Commente un tableau d'équivalence alimentaire des productions de la ferme que l'on trouve ci-après.



VIE DE L'ACADÉMIE

Dans le cadre des fermes de références Bayer plusieurs actions sont conduites :

- une stimulation de la mise aux normes avec l'appui de Bayer :
 - diagnostic Aquasite® pour l'évaluation des risques de pollutions ponctuelles par les produits phytos,
 - local des produits phytosanitaires et aire de remplissage et collecte Adivalor des contenants vides,
 - aire de lavage avec un phytobac pour la récupération des eaux de rinçage.
- Une amélioration des techniques d'application pour le semis avec coupure de descentes des graines sur le semoir (par tronçons), pour les traitements avec emploi de buses anti-dérive (à cause du vent fréquent dans cette région) dont la comparaison avec les buses normales a été faite pour s'assurer qu'il n'y avait pas perte d'efficacité.
- Un suivi de biodiversité notamment avec un suivi des carabes avec comptage en 2014.
- La protection de l'eau : pas de traitement à moins de 5 m des fossés bordés de bandes enherbées.
- Présence de ruches transhumantes.

Des parcelles sont drainées. Or certains produits (herbicides notamment) ne peuvent pas être utilisés sur sol drainés. Pour gérer ces interdictions un capteur de débit du drainage a été installé sur une parcelle de 10 ha. Il y a beaucoup de sources sur l'exploitation à cause des débordements de la nappe phréatique. La réaction de la nappe intervient six mois après les pluies. Il est prévu d'analyser les substances phytosanitaires dans l'eau drainée.

Après cette présentation en salle qui a généré quelques questions, la visite se poursuit sur le terrain. Dominique PÉTILLON explique l'implantation de cette ferme typique de Beauce avec une cour carrée et seulement deux accès. Pendant longtemps il y eu des vaches qui ont été remplacées par des moutons (jusqu'à 400 brebis), mais aujourd'hui il n'y a plus d'animaux et l'étable a été reconvertie en bâtiment de stockage. Il y avait aussi un manège pour le battage, ouvert à l'époque où il servait ; il est maintenant muré et forme une avancée dans la cour. A proximité, le groupe traverse le local de stockage des produits phytosanitaires qui sont bien rangés, classés selon la dangerosité, sur des étagères étiquetées dédiées à chacun des trois sites de la ferme. La salle doit avoir un fossé étanche pour les fuites éventuelles. Le local est bien ventilé et l'on ne sent aucune odeur caractéristique des phytosanitaires. Les aménagements ont été financés à 30 % par l'agence de l'eau en 2011.

De l'autre côté de cette salle des produits phytosanitaires se trouve le pulvérisateur automoteur sur l'aire de remplissage. Tous les traitements se font à 100 l/ha à une vitesse entre 20 et 25 km/h. Les traitements ont lieu tôt le matin (entre 6 et 8 h) ou tard le soir au coucher du soleil ; ce sont les moments où le vent tombe. En période de floraison, pour éviter de toucher les insectes, il n'y pas de traitements insecticides le matin.

Une question sur les produits de biocontrôle pour les insectes est posée à Bayer. Des travaux sont en cours.

VIE DE L'ACADÉMIE

La visite de la cour se poursuit. Près de l'aire de lavage un phytobac® recueille les effluents phytos (rinçage du pulvérisateur.) La terre est récupérée tous les 10 ans et épanchée avec une très grande dispersion. Quand on utilise des produits à base de cuivre (mildiou de la pomme de terre) sur l'exploitation, le renouvellement de la terre se fait tous les 5 ans. Une question est posée sur la comparaison avec HélioSec® (Syngenta) qui conduit à l'incinération du substrat ; les deux techniques sont équivalentes.

Le hangar de stockage après récolte, en cases à même le sol, est actuellement occupé par le matériel. Après ce passage dans la cour, la visite se poursuit au champ.

Les parcelles sont bordées par des haies cynégétiques et dans les grandes parcelles une bande de maïs au centre sert de refuge au gibier (lièvres, faisans...).

Comme dans toutes les fermes de références, Bayer étudie les effets non intentionnels des phytosanitaires par un suivi de la biodiversité. Delphine WARTELLÉ entre dans le détail de cette action en s'appuyant sur des planches de présentation.

Sont suivis (dans 40 parcelles en région centre) :

- les vers de terre, une fois/an, en utilisant un des deux protocoles, l'eau moutardée ou le prélèvement de terre à la bêche (un cube de 25 cm de côté)
- les oiseaux,
- la flore des bordures,
- les coléoptères.

Il y a trois catégories de vers de terre :

- les épigés,
- les endogés dans le sous-sol,
- les anéciques beaucoup plus long qui font des galeries verticales.

La flore est contrôlée une fois par an.

L'étude des coléoptères porte sur les carabes. Ils sont recensés par piégeage (pot Barber , en fait des pots de miel). Une boîte contenant les différents carabes parmi les principaux présents ici circule de main en main. La plupart sont auxiliaires et carnivores à l'état larvaire et omnivores par la suite. Ils peuvent consommer l'équivalent de leur poids par jour.

En 2014 il a été capturé 16000 individus en 18 semaines de 63 espèces à Houville, autant dans la Somme et un peu moins dans les autres fermes. *Pterostichus melanarius* (plus de 15 mm), l'espèce la plus présente, est prédateur de limaces. Un état des espèces piégées selon l'endroit dans la parcelle est fait. Le piégeage le plus faible est dans la haie et le plus fort dans la parcelle de céréale à 10 m de la haie.

VIE DE L'ACADÉMIE

La ferme accueille aussi des ruches qui se déplacent selon la disponibilité en nectar et pollen. Le colza assure 30 % de la production annuelle de miel. L'hiver les ruches reviennent sur l'exploitation mais elles sont nourries. Une balance connectée sous une ruche donne une idée sur la sortie et le retour des abeilles.

Le groupe se retrouve au restaurant à Chartres pour le repas et pour continuer les échanges. Christian MARÉCHAL présente à nos hôtes les membres de notre groupe qui assurent des fonctions de responsabilité à l'Académie et annonce la prochaine visite du 25 juin. Il remercie de leur présence François THIBOUST, par ailleurs membre du CA de la 4AF, Lise LEMONNIER et aussi Delphine WARTELLE pour la clarté des explications qu'elle nous a données et bien sûr Dominique PÉTILLON et son épouse pour leur accueil. Il leur offre différents ouvrages collectifs récemment publiés par l'Académie aux Presses de la cité.

Alain JEANROY présente la 4AF (Associations des amis de l'Académie d'agriculture) qui a été créée pour permettre aux personnes physiques et morales qui ne sont pas membres de l'AAF de participer la vie de l'Académie et de profiter de la diversité de connaissances des académiciens pour répondre à des questions ou intervenir dans des assemblées ou tout autre type de réunions.

Le débat reprend avec la question du découplage de la vente et du conseil. Pour Dominique PÉTILLON cela risque de coûter plus cher à l'agriculteur. Selon François THIBOUST, certains distributeurs préféreront garder le conseil. Cela ne risque-t-il pas de stimuler les ventes en ligne, et de plus s'il n'y a qu'un prix pour l'agriculteur, d'augmenter le nombre de traitements.

Qu'en sera-t-il de la réduction de l'emploi des phytosanitaires de 50 % (25 % paraissant plus réaliste !). Sur quel critère se baser ? aujourd'hui on utilise le NODU (dose unitaire du traitement autorisé) mais c'est encore imprécis car l'estimation est faite à partir des ventes et non de l'emploi réel des produits.

D'autres indicateurs sont possibles. Certiphyto a été un progrès pour la sécurité d'emploi des phytosanitaires et la réduction de leur usage.

Le développement de la vente en ligne ne va-t-il pas orienter les achats depuis l'étranger avec le risque de contrefaçon ? Y aura-t-il des trafics ? Cela ne semble pas encore une préoccupation majeure.

Les grandes firmes font-elles des génériques ? Non mais elles vendent les matières actives aux sociétés qui font les génériques.

Qu'en est-il du conseil des Chambres d'agriculture ? Est-il totalement payant ? Dominique PÉTILLON n'y fait pas appel, le jugeant pas assez pointu.

Une question est posée à Bayer sur les procès du glyphosate. Le système judiciaire américain est très différent du français. Le 1^{er} procès se tient avec un jury populaire qui a une réaction spontanée et non raisonnée. Le procès en appel se fait avec un jury professionnel. Certains actionnaires reprocheraient à Bayer d'avoir sous-estimé les risques de rachat de Monsanto.

VIE DE L'ACADÉMIE

La discussion se poursuit un moment sur le glyphosate, discussion et non controverse car une grande partie des personnes présentes ont suffisamment de connaissances de cet herbicide pour être certains de sa non-dangerosité et de son utilité pour poursuivre le développement de l'agriculture de conservation.

A propos de betterave ? il faut pouvoir irriguer pour faire cette culture dans cette région.

Quelle pratique du labour sur l'exploitation ? En général tous les deux ans mais il est évité chaque fois que possible. Nous avons vu d'ailleurs, sous le hangar à matériel, un attelage composé d'outils de travail superficiel du sol devant et d'un semoir derrière un gros tracteur pour faire simultanément, en un seul passage, la préparation superficielle du sol et le semis.

Les nouvelles techniques de réécriture du génome sont abordées. Bayer ne fait aucune recherche en France dans ce domaine, un peu en Belgique mais beaucoup aux USA. Sur un budget recherche de 2 milliards les 2/3 vont dans ce domaine.

Les recherches sur les produits de biocontrôle se font aux USA et les résultats sont encourageants.

Toujours aux USA, l'introduction du biocontrôle avec réduction des doses de produits phytos donnent des résultats équivalents à ceux des produits conventionnels.

En commentaire sur la suppression annoncée en France des produits de synthèse, c'est le seul pays au monde qui s'engage dans cette voie.

Cette énumération des sujets abordés dans la discussion est large mais n'est pas exhaustive. Elle aurait pu se poursuivre encore.

Le Secrétaire perpétuel, Constant LECOEUR, remercie Christian MARÉCHAL pour l'organisation de cette visite et très vivement Dominique PÉTILLON et son épouse pour leur accueil très ouvert et la qualité de leur exploitation. Il est très favorablement impressionné par la relation de confiance entre l'exploitant et Bayer et remercie Delphine WARTELLE pour la précision des échanges que nous avons eu ainsi que François THIBOUST.

Il signale que le film qui, sur le thème « Je fais le métier qui me plaît », a obtenu le clap de diamant était sur l'agriculture. Pas moins de 6000 candidats concourraient pour cette récompense remise avant-hier mardi 21 mai par Jean DUJARDIN au cinéma Rex à Paris.

Il signale aussi un article d'une agence de communication traitant l'AAF de « tontons flingueurs » de connivence avec l'industrie à propos des réponses de certains de ses membres interrogés sur le glyphosate.

Il termine en revenant au thème de notre visite, par le constat qu'en agriculture il y a un besoin permanent d'adaptation selon les caprices du climat

VISITE DE LA CONSERVERIE BONDUELLE D'ESTRÉES-MONS (80)

A l'initiative de notre confrère André FOUGEROUX assisté de Christian MARÉCHAL, un groupe d'une vingtaine de membres de l'Académie d'Agriculture de France (AAF) s'est retrouvé à Estrées-Mons le 25 juin 2019 pour une visite des implantations locales du groupe Bonduelle. Il était accueilli par MM Jean-Bernard BONDUELLE, Gery CAPELLE (Agronomie groupe), Jean-Marie SOL (Agronomie Groupe), et Eric LEGRAS Président OPLvert et UNILET.

Après une présentation des activités de l'AAF par son Secrétaire perpétuel, Constant LECOEUR, Jean-Bernard BONDUELLE intervient :

Le groupe Bonduelle est une entreprise familiale au départ qui en 150 ans a acquis une renommée mondiale

En 1862 une distillerie a été construite qui a évolué par la suite vers la production de sucre.

C'est en 1926 que Bonduelle a développé la transformation des légumes.

L'évolution du chiffre d'affaires est remarquable. De 150 Millions d'€ en 1975, il est passé, pour la campagne 2016/2017 à 2,77 milliards d'€. Un tel développement a été permis par l'extension vers l'étranger. Actuellement le groupe Bonduelle est le leader du légume prêt à l'emploi, sous toutes ses formes, dans le monde entier.

Les activités se dirigent vers quatre voies :

- la conserve
- le surgelé
- le frais
- les produits traiteur avec la marque de plats cuisinés D'aucy.

Les autres produits sont commercialisés en France sous les marques Bonduelle et Cassegrain.

La production annuelle actuelle est de :

- 1 million de T de conserves,
- 450000 T de surgelés,
- 350000 T de frais.

VIE DE L'ACADÉMIE

L'entreprise compte 11000 collaborateurs, nombre qui monte à 13/14000 en saison, et réalise sa production dans 56 sites dans le monde.

Les produits sont commercialisés sous 6 marques dans plus de 100 pays.

Les usines sont localisées en fonction des activités :

- pour les produits « longlife », conserves, surgelés, dans les bassins de production,
- pour le frais, près des centres de consommation.

Une diapositive localise les usines dans le monde ainsi que les centres de décision.

Pour l'avenir, dans un contexte d'un monde avec une population toujours plus nombreuse à nourrir, Bonduelle, entreprise française, ambitionne d'être le référent mondial pour le bien vivre par l'alimentation végétale.

A l'horizon 2025, parmi les objectifs de l'entreprise on peut citer :

- stimuler une alimentation saine,
- porter plus d'attention au respect des sols,
- réduire les impacts environnementaux des activités,
- assurer le bien vivre.

Quelques chiffres précisent le souci de Bonduelle de bien faire :

- Zéro accidents de travail,
- 207 projets soutenus sur la qualité de la nutrition,
- Au plan agronomique, 93 % des 3200 producteurs fournisseurs signent la charte d'approvisionnement qui concerne les conditions de culture. La 1ère charte, en 1996, portait sur l'interdiction des boues d'épuration. Depuis d'autres éléments se sont ajoutés.

Dans la compétition mondiale de ce secteur, deux firmes internationales, Nestlé et Unilever, se distinguent mais on compte aussi des coopératives, quelques groupes privés et des fabricants de surgelés.

Jean-Marie SOL intervient pour développer les objectifs de l'entreprise en matière de RSE (Responsabilité Sociale des Entreprises) dans le domaine de la protection des sols.

Des actions sont entreprises pour :

- préserver la biodiversité,
- réduire l'empreinte carbone,
- optimiser l'efficacité de l'eau,

VIE DE L'ACADÉMIE

- réduire les résidus chimiques dans le sol,
- réduire l'emploi des produits phytopharmaceutiques (phytos).

Les interventions se font en partenariat avec les producteurs.

La production légumière occupe 128000 ha. Elle est réalisée par les quelques 3200 producteurs organisés en groupements de site d'autoproduction pour 93 %, comme déjà signalé, et par des producteurs indépendants pour les 7 % restant. Les achats chez ces producteurs sont faits par des courtiers.

Depuis 2010, une plateforme sol (Végésol) en association avec Syngenta et l'université Jules Verne d'Amiens s'intéresse à la vie biologique des sols, à leur conservation tout en recherchant la réduction des intrants (fertilisants...) et des gains en qualité, compétitivité et durabilité.

Le groupe Bonduelle est aussi actif dans :

- l'évaluation génétique des légumes pour orienter la recherche (suppression des « fils » dans les haricots par exemple),
- de la réduction de l'emploi des phytos,
- et du développement du biocontrôle.

Enfin un accompagnement technique des producteurs est assuré notamment pour éviter des contaminations indésirables (*Datura stramonium* par exemple)

Eric LEGRAS agriculteur producteur de légumes verts, prend la suite des présentations. Il fait partie de l'OPLVert, organisation des producteurs de légumes transformés qui n'a qu'un seul client, Bonduelle. Elle est constituée sous forme d'association loi 1901 et regroupe 822 producteurs.

Ceux-ci sont disséminés dans 4 régions administratives : Haut de France, Île de France, Normandie et Grand Est.

Par ailleurs Eric LEGRAS est aussi Président de l'UNILET organisme technique qui évalue les innovations et les techniques de production des légumes transformés et représente les producteurs auprès des instances officielles pour que les problèmes de production puissent trouver des solutions réglementaires entre autres.

La production de légumes transformés en France représente 70000 hectares sur deux zones de production : Nord de la France et Bretagne.

VIE DE L'ACADÉMIE

L'usine d'Estrées-Mons emploie 800 personnes auxquelles s'ajoutent autant de saisonniers. Elle constitue un bassin d'emplois très important pour la région. Aussi l'objectif est-il d'alimenter l'usine aussi longtemps que possible.

Les dates de semis sont décidées par l'usine pour les 14000 ha collectés dans les quatre régions citées plus haut. La production se répartit ainsi : 7000 ha de pois (le quart de la production française), 3200 de haricots verts, 1200 de flageolets (culture spécifiquement française !), 930 d'épinards. A cela s'ajoutent, sur de moindres surfaces, le brocoli, la carotte, l'oseille, le salsifis, le navet, la betterave rouge et les courgettes.

Dans d'autres régions sont également cultivés le chou frisé, le potiron, le potimarron, la courgette.

Globalement ces dernières années, les rendements ont été excellents. Toutefois le taux d'abandon de ces cultures connaît des niveaux inédits, pour moitié en raison d'échec majeur dans la protection phytosanitaire (situation de plus en plus fréquente), et pour l'autre moitié en raison de la saturation des capacités industrielles.

Mais actuellement, avec l'augmentation des températures, la tendance est plutôt à la baisse des rendements.

Pour conclure, cette organisation montre clairement la nécessité de travailler en partenariat producteur/industriel avec le souci des objectifs suivants :

- sécurité du revenu,
- partenariat gagnant/gagnant,
- production de qualité,
- accompagnement sur le bio.

Après ces exposés en salle commence la visite de l'usine, d'abord en bus pour situer les implantations.

Le site occupe 50 ha dont 50% couverts. Il est divisé en 2 parties, la zone « conserves » et la zone « surgelés ».

Les approvisionnements actuels sont : épinards, carottes, petits pois et brocoli (en provenance de Saint Omer).

Dans la zone « surgelés », un bâtiment est dédié au stockage et à la préparation des livraisons.

Deux guides vont piloter le groupe dans la visite des bâtiments.

Ils nous signalent que les carottes réceptionnées actuellement sont destinées aux conserves de petits pois /carottes ce qui explique leur taille réduite.

VIE DE L'ACADÉMIE

Pour tous les légumes il y a 1 heure d'analyses avant fabrication.

Le bus passe par l'aire de réception où les carottes sont déchargées au sol alors que brocolis et épinards sont déversés dans les trémies de chargement.

La visite à pied de l'usine débute par une séance d'habillage. L'entrée se fait ensuite par la cour des légumes du côté des trémies des petits pois et flageolets. En premier nous suivrons la chaîne de production des petits pois. La réception se fait par parcelle, tous les lots sont tracés. Il y a différents types de pois.

La première opération est le lavage dans un flux d'air et d'eau : c'est l'éparage.

Ensuite se fait le calibrage : extra fins, fins qui seront mis en boîte au bout de la chaîne alors que les autres calibres sont destinés à des mélanges.

Selon leur calibre, les pois sont dirigés vers la mise en boîte.

Une question est posée sur la présence possible de ravageurs. Pour le petit pois, le problème est la tordeuse (*Cydia nigricana*) dont la présence conduit au refus du lot et pour la fève, la même situation est liée aux infestations de bruches (petits coléoptères).

Un blanchiment est réalisé avant la mise en boîte. Les pois sont versés dans la boîte en quantité appropriée selon qu'ils sont seuls ou avec des carottes. Une feuille de salade est ajoutée comme témoin. Les carottes arrivent d'une autre chaîne de fabrication.

La fermeture de la boîte se fait par sertissage d'un couvercle après ajout du jus. Un contrôle d'étanchéité est fait après sertissage.

La stérilisation peut se faire en continu ou discontinu. Lors de notre passage la ligne produisait des petites boîtes pour la marque Cassegrain.

La stérilisation en continu concerne les boîtes rondes qui sont couchées et tournent sur elles-mêmes au cours de l'avancement de la chaîne.

Pour les légumes qui doivent être épluchés (carottes.), l'épluchage se fait à la pression de vapeur.

Le groupe passe devant le laboratoire de contrôle qualité qui procède à des analyses sur des échantillons en continu.

Le groupe se dirige ensuite vers la zone des surgelés qui commence par la ligne de parage des haricots verts. Là s'effectuent triage, éboutage, coupure etc. L'éboutage se fait dans les cylindres perforés.

Il y a eu de grands progrès de la génétique en matière d'homogénéité de taille des haricots et il existe certaines variétés où le pédoncule reste sur la plante ce qui représente un gain de temps.

VIE DE L'ACADÉMIE

Nous passons devant deux lignes de poireaux, puis devant les lignes de parage des brocolis et enfin devant la ligne des épinards où l'élimination des parties légères procède par ventilation, avant lavage et élimination des corps étrangers.

Le blanchiment se fait à la vapeur et un dernier contrôle visuel et manuel intervient sur le tapis de transport vers la surgélation. La surgélation se fait sur lit fluidisé à -40° en plaques ou à la feuille sur un tapis. Une plus grosse unité procède dans un tunnel.

De retour vers la ligne des petits pois, à la fin de la ligne de parage, le groupe peut suivre le blanchiment ou la cuisson avant l'entrée dans les deux tunnels de surgélation. Après surgélation la manipulation des containers se fait par des caristes et par des robots. La manipulation des palettes se fait par des « souris », des robots particuliers qui suivent une trajectoire bien définie.

La chambre froide est de grande hauteur : 14 niveaux sur 35 m de haut.

Dans la salle d'expédition nous assistons à la préparation des commandes. Selon la demande des produits peuvent provenir d'autres usines.

Après cette très intéressante visite, le groupe se rend au restaurant à l'invitation de Bonduelle. Au cours du repas Constant LECOEUR remercie nos hôtes pour la chaleur de leur accueil, la qualité des échanges et l'intérêt de la visite de l'usine.

Après le repas le groupe est conduit vers un chantier de récolte des petits pois où il peut assister au travail des récolteuses automotrices, énormes machines coûtant quelques 500000 €, conduites par un seul homme. Chaque chantier de récolte opère généralement avec deux machines. Les gousses récoltées par des peignes sont éclatées dans un gros cylindre perforé qui permet de séparer les cosses, et éventuellement les feuilles, des grains. Le groupe reste assez longtemps pour assister à la vidange de la trémie qui se fait par basculement dans une benne assurant un *turn over* entre le chantier et l'usine.

Après un échange avec les chauffeurs sur les particularités de ces machines et un renouvellement de nos remerciements à toute l'équipe Bonduelle qui nous a suivis pendant cette journée, le groupe reprend le chemin du retour vers 16 h 30.

Claude **SULTANA** avec la participation d'André **FOUGEROUX** – section neuf

Pour voir les photos de cette visite, cliquer sur le lien ci-après :

<https://www.academie-agriculture.fr/academie/presentation/manifestations-visites/visite-de-lusine-bonduelle-destrees-mons-nord>

Directeur de Publication

Constant LECOEUR :
secretaireperpetuel@academie-agriculture.fr

Secrétariat de rédaction

Christine LEDOUX-DANGUIN
christine.ledoux@academie-agriculture.fr