

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

SÉANCE D'INSTALLATION DU NOUVEAU BUREAU

**L'OZONE ANTHROPOGÉNIQUE : UN RISQUE GLOBAL POUR LE CLIMAT
ET L'ALIMENTATION DE L'HUMANITÉ**

LES PARCS NATURELS RÉGIONAUX

ROBOTISATION EN AGRICULTURE : ÉTATS DES LIEUX ET ÉVOLUTION

LE BIOCONTRÔLE EN PROTECTION DES CULTURES

LES ENJEUX ÉCONOMIQUES ET POLITIQUES DES LÉGUMINEUSES

POURQUOI CERTAINES ESPÈCES SE METTENT-ELLES À PULLULER ?

LA GESTION DE L'EAU AU DÉFI DES INCERTITUDES

LES PRODUITS DU FUTUR À BASE DE BOIS

LES CONTAMINANTS VÉGÉTAUX NATURELS

APPELLATIONS D'ORIGINE ET INDICATIONS GÉOGRAPHIQUES

SOMMAIRE

SÉANCES DE JANVIER À MARS 2017

- 3 **SÉANCE D'INSTALLATION DU NOUVEAU BUREAU**
(4 janvier 2017)
Discours de Monsieur **Paul Vialle**, Président de l'Académie pour l'année 2016.
Discours de Monsieur **Michel Candau**, Président de l'Académie pour l'année 2017.
Intervention de Monsieur **Christian Peès**, Président d'Euralis, Vice-Président de Coop de France, Président de Momagri sur le thème : « L'agriculture française à l'heure des choix ».
- 19 **L'OZONE ANTHROPOGÉNIQUE : UN RISQUE GLOBAL POUR LE CLIMAT ET L'ALIMENTATION DE L'HUMANITÉ**
Séance animée par **Rainer Matissek** (11 janvier 2017)
Vegetation – Atmosphere interactions – The crucial role of tropospheric ozone, par **Jörg-Peter Schtzler** et **Yann Nouvellon**.
Direct and indirect effects of tropospheric ozonz on forest ecosystems – Relevance for global carbon storage, forest products and climate change, par **Rainer Matyssek** et **Didier Le Thiec**.
Tropospheric ozone – a threat for the feeding of mankin ?, par **Jean-François Castell** et **Jürgen Bender**.
- 29 **LES PARCS NATURELS RÉGIONAUX**
Séance animée par **François Colson** (18 janvier 2017)
Des parcs nationaux et les parcs naturels régionaux : la protection de la nature et des paysages en perspective historique, par **Raphaël Larrère**.
Les PNR, des territoires en expérience de la protection de la nature et du développement durable, par **Guillaume Dhérissard**.
Les réseaux des PNR, une référence à l'international de la démarche participative pour concilier protection du patrimoine naturel et développement économique par **Pierre Weick**.
- 35 **ROBOTISATION EN AGRICULTURE : ÉTATS DES LIEUX ET ÉVOLUTION**
Séance animée par **René Autellet** (25 janvier 2017)
Robotique agricole : retour vers le futur ! par **Gilbert Grenier**.
Robotique agricole : des opportunités mais de nombreux challenges à relever, par **Michel Berducat**.
- 41 **LE BIOCONTRÔLE EN PROTECTION DES CULTURES**
Séance animée par **Jean-Louis Bernard** (1er février 2017)
Les composés sémiocchimiques : facteurs incontournables du biocontrôle, par **Catherine Regnault-Roger**.
Les microorganismes en protection des plantes, par **Claude Alabouvette**.
Le biocontrôle au présent à l'épreuve du terrain, par **Bernard Ambolet**.
- 49 **LES ENJEUX ÉCONOMIQUES ET POLITIQUES DES LÉGUMINEUSES**
Séance animée par **Bernard Bourget** (22 février 2017)
Les obstacles au développement des légumineuses en France et les conditions pour les surmonter, par **Marie-Benoît Magrini** et **Alban Thomas**.
Atouts et handicaps des légumineuses dans l'élevage à partir de son expérience d'agriculture en Mayenne, par **Marie-Françoise Brizard-Pasquet**.

- 57 **POURQUOI CERTAINES ESPÈCES SE METTENT-ELLES À PULLULER ?**
Séance animée par **Christian Lévêque** (1er mars 2017)
Facteurs écologiques et biologiques des pullulations, par **Jacques Tassin**.
Pourquoi les espèces locales ou introduites se mettent-elles à pulluler ? Le cas des plantes adventices des grandes cultures, par **Henri Darmency, Bruno Chauvel et Valérie Le Corre**.
Rôle de l'évolution dans la prolifération des espèces introduites et locaux, par **Arnaud Estoup et Ruth Arabelle Hufbauer**.
- 61 **LA GESTION DE L'EAU AU DÉFI DES INCERTITUDES**
Séance animée par **Maurice de Vault** (8 mars 2017)
Utilité et limites des modèles climatiques, par **Agnès Ducharne**.
La prise de conscience du changement climatique par le monde agricole ; comment éviter l'inaction face aux doutes, par **Frédéric Levraut**.
Quelles inflexions donner à la politique de gestion participative de l'eau dans la perspective d'un changement climatique ? par **Michel Dantin**.
- 69 **LES PRODUITS DU FUTUR À BASE DE BOIS**
Séance animée par **Jérôme Grassin** (15 mars 2017)
Les Belles promesses des Nanocelluloses, par **Julien Bras**.
Innover pour un avenir durable des matériaux papiers cartons, par **Gilles Lennon**.
Auto-assemblage de biomolécules pour les biomatériaux de demain, par **Redouane Borsali**.
- 75 **CONTAMINANTS VÉGÉTAUX NATURELS : SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET GESTION DU RISQUE**
Séance animée par **Marc Délos et Dominique Parent-Massin** (22 mars 2017)
Le risque mycotoxine en France (foods feeds) et en Europe, par **Isabelle Oswald**.
Les risques liés aux adventices et à la résurgence de maladies anciennes, par **Béatrice Orlando et Dominique Jacquin**.
Contamination des céréales et du maïs par les mycotoxines : états des lieux et pistes de gestion du risque par **Alain Froment**.
- 81 **APPELLATIONS D'ORIGINE ET INDICATIONS GÉOGRAPHIQUES**
Séance animée par Pierre-Henri **Degregori** (29 mars 2016)
Reconnaissance des signes de qualité dans les négociations commerciales : une pomme de discorde très ancienne, par **Thierry Pouch**.
L'expérience de l'Appellation Comté, par **Claude Vermot-Desroches**.
L'expérience de l'Appellation sel de Guérande, par **Charles Perraud**
- 87 **Salon international de l'agriculture 2017**
- 93 **Présentations d'ouvrages**
- 107 **Présentations de thèses**
- 129 **Vie de l'Académie**
Résultat des élections (décembre 2016)

Séance du 4 janvier 2017

DISCOURS DE DÉPART DE PAUL VIALLE

Président de l'Académie pour l'année 2016

Messieurs les perpétuels, chères consœurs, chers confrères,

Tout d'abord, permettez-moi de vous souhaiter collectivement et individuellement une excellente année 2017 : **félicité, paix, bonne santé**, confirmée ou retrouvée, dynamisme et sagesse, et le temps d'admirer la beauté du monde !

Un président sortant a la parole libre, et je souhaiterais évoquer avec vous 2016, sorte de revue de presse totalement subjective, en tirer quelques problématiques importantes pour les années qui viennent, et examiner quelles pistes de réflexion et d'action cela pourrait ouvrir pour notre Compagnie.

1) Quelques faits de l'année écoulée :

2016 s'achève. Quels événements l'ont-ils marquée ? Quelles incidences en matière d'agriculture, d'alimentation ou d'environnement ?

J'ai tenté de picorer dans la presse de 2016, non pour tirer de quelconques conclusions sur les choix opérés par les rédactions, mais parce que cela constitue le miroir éphémère de notre quotidien.

Une fin d'année marque toujours l'établissement et la publication de bilans de l'année écoulée, suivis d'improbables projections, qui se veulent mathématiques, ou d'affirmations non étayées proches de l'astrologie.

Le Monde a retenu 16 points pour sa rétrospective ; un seul concerne nos domaines : celui des abattoirs. Après un rappel des scandales à répétition, est évoqué le projet de loi en navette au Parlement. C'est tout ! Mais comme les sujets abordés sont classés alphabétiquement, la lettre A du mot « *abattoirs* » fait que c'est le premier thème listé !

La France Agricole offre un échantillon plus proche de nos domaines. Sur les 7 derniers mois de 2016, une analyse des « Une » fait apparaître les préoccupations du lectorat de l'hebdomadaire :

- **6** « Une » détaillent des « **itinéraires techniques** » : stabulation, rations alimentaires, désherbage des céréales, glyphosate, fongicides blé tendre et plan phyto.
- **5** « Une » sont consacrées au **machinisme et aux technologies** : pulvérisateurs, moissonneuses-batteuses, impression 3D, start-up ;
- **5** traitent de l'**environnement naturel** : questions climatiques, épidémies et invasions
- **9** abordent des **sujets économiques** : c'est le contingent le plus fourni :
 - o 3 sur la problématique des prix ;
 - o 2 sur les stratégies d'entreprises (Lactalis, les marques de producteurs) ;
 - o 2 sur l'obtention ou du paiement des aides publiques ;
 - o 2 enfin sur l'évaluation financière des entreprises agricoles et au recours au tribunal face aux difficultés. On semble s'intéresser plus cette année à la fin de vie des exploitations qu'à l'installation des jeunes !

- 4 décrivent **divers aspects de la vie et de l'emploi en milieu rural** : salariés occasionnels, emplois solidaires, théâtre à la campagne et plaidoyer pour des campagnes vivantes illustrent le fait que travail et vie y constituent des réalités singulières...
- 1 seule **irruption politique** dans les « Une » : celle consacrée à la primaire de la droite. Désamour vis-à-vis du politique ? Constat que les sujets de préoccupation se situent ailleurs ?

Le premier constat fait apparaître un **divorce entre opinion publique et opinion agricole** : aucun des sujets abordés par *La France agricole* n'apparaît parmi les faits marquants du *Monde*, ce qui après tout peut être interprété comme la traduction du nombre assez faible d'agriculteurs dans la population française.

Mais, plus caractéristique, l'action des militants dans les abattoirs n'est pas mentionnée dans les « Une » de l'hebdomadaire agricole : pour ses lecteurs, éleveurs attachés à leurs animaux, cet incident regrettable ne met pas en cause le monde agricole, mais l'aval de la filière ; il mérite moins d'attention que les grandes difficultés dans lesquelles ils se débattent : deux univers distincts, deux perceptions différentes. Pourtant, le ressenti des citoyens – les clients – influe fortement sur les actes de production.

Un seul exemple dont la presse se fait l'écho l'illustre en cette fin 2016 : après une annonce similaire en avril par un groupe rival, le plus grand distributeur décide à son tour d'arrêter la vente sous sa marque d'œufs de poules élevées en cage ; la proportion de clients achetant des œufs de poules ayant accès au plein air était passée de 20% en 2007 à 34% en 2014 !

Dans un tout autre domaine, le diesel connaît une évolution analogue en France : 64% des ventes de véhicules neufs en 2012, 38 % 4 années plus tard : diverses mesures, dont des annonces d'interdictions ultérieures, comme au Japon, où le diesel est interdit sauf pour les poids lourds, ont suffi pour faire basculer très vite des millions de décideurs individuels. **Dans tous les domaines, le rôle des opinions publiques et des clients devient déterminant !**

Après le succès de la COP 21 fin 2015, le fait que 2016 soit l'année la plus chaude sur la planète depuis près de 150 ans passe presque inaperçu, et la COP 22 n'a guère été médiatisée, même si elle a réussi à avancer à 2018 au lieu de 2020 un certain nombre de mesures. **Les opinions publiques sont volatiles, les faiseurs d'opinions inconstants...**

La loi contre le gaspillage alimentaire a été publiée le 12 février 2016 et un important travail complémentaire a été effectué en 2016, avec les distributeurs, les restaurateurs et les associations caritatives. « *The Economist* » a classé 25 grands pays sur la question de l'« *Alimentation durable* » à partir d'une vingtaine d'indicateurs. La France est parfaite en matière de *pertes et gaspillages alimentaires*, excellente sur la question des *challenges nutritionnels*, très moyenne en *agriculture durable*, mais se hisse à la première place mondiale au classement général, avant le Japon ! Quel argument pour un bon positionnement sur des marchés mondiaux rémunérateurs et exigeants !

D'autres événements majeurs ont marqué le monde en 2016 : après la crise de l'euro il y a quelques années, puis l'affaire ukrainienne, avec pour corollaire l'embargo à destination de la Russie et l'effondrement des exportations agroalimentaires vers ce pays, la crise des migrants a mis en évidence une **grande fragilité de l'Europe** dans nombre de pays qui la composent, avec une forte réémergence de sentiments nationalistes. L'illustration la plus emblématique est le Brexit en juin 2016, dont les conséquences sont encore mal appréciées par la plupart, y compris en Grande-Bretagne !

Enfin, un triste fait divers est survenu à l'époque des fêtes : un agriculteur, ancien candidat à une émission de télé-réalité « *L'Amour est dans le pré* » **s'est suicidé**. Détresse affective, détresse économique, détresse sociale, qui le sait ? Plutôt que recevoir des injonctions contradictoires de la société, certains agriculteurs n'auraient-ils pas besoin d'être compris et soutenus dans leur difficile métier ?

2) Les grands défis, nous les connaissons

Par-delà ces faits épars et disparates, il est possible de voir les grands défis auxquels nous allons devoir répondre.

Encore, et toujours, en premier, celui des **9 milliards d'hommes qu'il faudra nourrir** à échéance de 2050, **et nourrir correctement**. Sous-nutrition et obésité sont les deux faces du même problème : l'obésité est la maladie des pauvres dans les pays riches, et des riches dans les pays pauvres... Entre 800 millions et un milliard d'hommes - chiffre à peu près stable depuis 10 à 20 ans - restent sous-alimentés soit un humain sur 8. Mais selon « *The Lancet* », 13 % des 5 milliards d'adultes dans le monde sont touchés par l'obésité, chiffre pouvant passer à 20% en 2025. **Un quart des humains sont sous-alimentés ou mal nourris, et ce chiffre atteindrait le tiers dans moins de dix ans !**

Le deuxième défi est celui d'une **évolution de la consommation**, de nombreux pays « *occidentalisant* » leur alimentation : plus de produits animaux (viande, laitages), de graisses et de sucres, moins de céréales ou de légumes secs. La classe moyenne qui monte en puissance dans de nombreux pays a des exigences sanitaires, nutritionnelles et gustatives croissantes : après le scandale du lait frelaté par la mélamine en 2008, les firmes chinoises ont dû se tourner vers les pays occidentaux pour leurs achats de lait, même si l'objectif de jouer sur les cours et de déstabiliser les opérateurs n'était pas absent... Parallèlement, sous l'effet de divers mouvements d'opinion, la consommation évolue dans certains pays riches d'Europe vers une moindre consommation de produits d'origine animale ; nouveaux marchés contre marchés en déclin, le bilan mondial de ces évolutions contrastées est mal connu.

Par ailleurs, les usages non-alimentaires de produits agricoles ou forestiers (énergie, textiles, transports) ont fortement décliné depuis un siècle et demi, mais d'autres utilisations, comme le papier, ont augmenté : +13% de 2004 à 2014. Les biocarburants ont acquis une part du marché des carburants, mais restent l'objet de polémiques ; la chimie verte devrait émerger.

Le troisième défi est celui d'une **production durable humainement**. Durable s'entend avec la triple acception du terme, unissant les aspects économiques, social et environnemental. Sans efficacité économique, ce qui suppose des exploitations rentables et des outils de transformation performants, point de durabilité. Le social est souvent le grand oublié de l'opinion publique qui vilipende régulièrement l'agriculture ; or la situation sociale des agriculteurs français reste très fragile et mérite attention. **La durabilité est d'abord celle de ces femmes et de ces hommes attachés à leur beau métier.**

La France, à travers plus de 60 ans de politiques publiques et d'actions de terrain, a su conserver une agriculture de classe moyenne, avec des femmes et des hommes riches de leurs valeurs, de leur savoir-faire et fiers de leurs missions. La petite industrie a disparu depuis longtemps, le commerce individuel a laissé la place à de grandes chaînes de distribution ou des réseaux de franchisés, transformant l'individu responsable de son affaire en salarié de droit ou de fait. Très loin des fermes géantes ou des plantations de grande taille, la France a su conserver une agriculture dite familiale qui constitue un atout énorme.

Le quatrième défi est celui du **dérèglement climatique et de l'environnement**, point sur lequel il est inutile d'insister, l'opinion publique se chargeant chaque jour de le faire... L'agro-écologie est bien présente à l'Académie, à défaut d'être inscrite en profondeur dans le paysage français : il y faut plus de temps, les changements ne se font qu'à l'échelle de la décennie...

Le cinquième défi est géopolitique : migrants, Brexit, nationalismes : que sera l'Europe demain ? Des concurrents vigoureux surgissent. L'embargo russe nous rappelle la fragilité des courants commerciaux, comme l'avait fait l'embargo américain de 1973 sur les exportations de soja, suite à de mauvaises récoltes aux USA. Une réflexion nouvelle sur les politiques agricoles et environnementales va revenir s'inscrire à l'agenda. Notre confrère Dacian Cioloș, premier ministre de Roumanie, grand expert en matière de politiques agricoles, déclarait en juin dans nos locaux qu'il faudrait probablement concevoir des politiques agricoles et alimentaires par grandes régions

du monde, assez loin de la doxa libérale : ceci pourrait aussi être le cas à l'intérieur de l'Europe, l'uniformisation se révélant contre-productive tant les questions d'agriculture et d'environnement sont étroitement liées.

Un autre volet de cette géopolitique est **l'instabilité mondiale des prix agricoles** ; la hausse des prix des commodités agricoles il y a une dizaine d'années peu avant les printemps arabes était d'origine extérieure à la sphère agricole ; les prix des commodités agricoles sont en effet corrélés à l'évolution générale des matières premières, en partie du fait que les biocarburants ont créé une passerelle entre prix du pétrole et prix agricoles mondiaux. Des manipulations de marchés peuvent aussi perturber considérablement les prix, comme on l'a vu plus haut sur les marchés du lait et des produits dérivés. Les fragilités grandissantes des systèmes d'exploitation et des équilibres financiers appellent des réponses beaucoup plus globales que la simple réduction des intrants, ou la seule adaptation au changement climatique. Face à ces défis multiples, à des avenir aussi incertains, les maîtres mots pour l'agriculture française sont **adaptabilité, diversité, flexibilité**. Ceci appelle des réactions rapides : en période de stress, les êtres vivants démultiplient leurs stratégies adaptatives, et il faudra agir de même. Avec un handicap : l'agriculture est une activité très gourmande en capitaux, et l'importance des sommes engagées dans un passé récent, combinée à des marges souvent faibles, ne laisse que des possibilités de réaction limitées là où il faudrait agir vite et fort.

Mais la France possède aussi des atouts incontestables, et avec de bons projets et des capitaines d'industrie, la réussite est au rendez-vous. Le cas des vins de qualité est exemplaire : voici 40 ans, le vignoble languedocien, qui tirait tout le secteur vers le bas, très encadré, a été restructuré, avec le pari de la qualité et de l'ouverture ; rien n'est acquis, bien d'autres évolutions seront nécessaires, dont celle de la lisibilité, mais avec peu d'aides publiques, les vins français bénéficient d'une aura mondiale. Des groupes d'agriculteurs ont lancé en 2016, en pleine crise du lait, le concept de « *lait équitable* », vendu 10 à 15 centimes plus cher au litre en grandes surfaces : c'est une réussite. Une production comme celle du Comté, sous l'égide de son comité interprofessionnel, rémunère correctement le producteur et réussit à augmenter depuis plusieurs décennies sa production de 1 à 2% par an. Plusieurs groupes semenciers, ont fait de la France le premier exportateur mondial du domaine. Le Groupe Avril, créé il y a 30 ans, se donne pour objectif de créer durablement de la valeur dans les filières des huiles et des protéines, avec une politique industrielle globale, et une vision géostratégique. Les sucriers, avec Tereos, plusieurs grandes coopératives, dont nous parlera probablement le Président Péés, ont des démarches ambitieuses. Dernier exemple parmi beaucoup d'autres, Eurofins Scientific, entreprise nantaise, vise à être leader mondial des services bioanalytiques : start-up employant 12 personnes en 1987, elle est devenue 30 ans plus tard un réseau présent sur tous les continents et employant 25000 personnes. **Le dernier défi** est de **faire connaître ces réussites**, spectaculaires ou discrètes, et l'histoire des hommes et des femmes auxquels elles le doivent.

3) Des pistes d'action avec l'Académie d'Agriculture

Après cette liste de défis, on peut citer quelques exemples de pistes d'action en cours ou susceptibles d'être lancées, et l'Académie en prend déjà ou pourra y prendre toute sa part.

- a) **Réhabiliter une gestion raisonnée de l'eau**, loin des interdits dogmatiques qui, en France, depuis 2 à 3 décennies, bloquent toute réalisation : comme partout dans le monde, l'agriculture française a besoin d'une eau régularisée à l'échelle annuelle, dans des conditions **techniques, économiques et écologiques correctes**. La France ne manque pas globalement d'eau, et doit valoriser intelligemment cet atout. N'est-ce pas là un devoir pour notre Compagnie que de préciser possibilités, conditions et limites de mise en œuvre ?
- b) **Réaffirmer que la génétique est une voie d'avenir pour les plantes cultivées**. Les blocages actuels sont quasi-religieux, proches de la crainte des Anciens devant le geste de Prométhée dérobant le feu aux dieux. En revanche, dans chaque cas, une réflexion sérieuse bénéfices-risques, étayée sur des recherches et des expérimentations de terrain actuellement

- taboues, devrait pouvoir être menée dans le pays de Descartes et de Berthelot ; ce dernier n'a-t-il pas défendu énergiquement « *le maintien de la science comme expérimentation et sans l'influence directe d'idéologie ou de postulats religieux* »... Un programme d'actualité !
- c) **Analyser les réponses concrètes proposées par l'agro-écologie**, et les délais raisonnables à escompter pour pouvoir mettre en œuvre des réponses crédibles : le groupe de travail est créé. Mais la complexité des interactions en jeu, les stratégies de contournement du vivant font que les solutions seront longues à mettre en place, alors que certains, adeptes du tout ou rien, voudraient des réponses immédiates. 4 pour mille en est un bon exemple : ce n'est pas LA solution, mais gagner du temps fait aussi partie intégrante des mesures à prendre.
 - d) **Tirer tout le parti possible du « big data »** : données climatologiques, pédologiques, expérimentales, géo-référencées (agriculture de précision), collaboratives (identification et signalisation de pathogènes par réseaux sociaux), économiques (centres de gestion), déclarations PAC, emblavements, données de consommation, etc. Le rapprochement de multiples paramètres, trop nombreux pour que leurs interactions soient étudiées méthodiquement, peut permettre des avancées significatives.
 - e) **Analyser l'évolution des structures de consommation alimentaire** dans le monde, ses conséquences sur l'aménagement des territoires, sur la santé et sur le changement climatique. L'expertise collective INRA « *Rôle, impact et services de l'élevage en Europe* », publiée récemment, décortique en profondeur toute la complexité du domaine, obligeant à affiner les réflexions pour aller au bout des paradoxes contre-intuitifs. Ce type d'étude mérite que l'Académie en fasse une critique constructive, en analysant objectivement des pratiques comme celle de la ferme des 1000 vaches, qui a intéressé nos confrères, ou l'avenir de l'élevage de moyenne montagne en Europe.
 - f) **Explorer les diverses voies de réduction des aléas qui pèsent lourdement sur les comptes d'exploitation** : le thème des systèmes d'assurances et de réassurances a été mis à l'ordre du jour ; la voie fiscale avec des provisions avant impôts, les étalements de cotisations, les marchés à terme, ne justifient-ils pas des réflexions analogues, avec des fiscalistes, des opérateurs financiers, des assureurs, des comptables, et bien sûr des agriculteurs ?
 - g) **Augmenter la résilience par rapport aux aléas politiques** : 2017 sera une année décisive pour la PAC. La balance de la PAC pour la France étant proche de l'équilibre, cela redonne des degrés de liberté. A nous de savoir nous en saisir pour de nouvelles propositions !
 - h) **Solliciter encore plus la recherche**. La région de Yuanyang dans le sud de la Chine est célèbre par ses rizières en terrasses, inscrites au patrimoine mondial de l'Unesco. On y cultive sans traitements fongicides depuis plusieurs siècles deux variétés en mélange : riz ordinaire Indica et riz gluant Japonica ; chacune est sensible à un même champignon pathogène qui cause de gros dégâts dans les rizières du monde entier ; cultivées ensemble, leur mélange est résistant au pathogène. Si ce résultat, publié ces derniers jours par l'Université du Yunnan, l'Inra et le Cirad, était transposable à d'autres cultures, céréalières par exemple, quels immenses progrès deviendraient envisageables !
 - i) **Mettre en exergue les réussites** en identifiant, analysant et faisant connaître les multiples *success stories*.

Conclusion

En 2016, les tendances perceptibles auparavant se sont confirmées, les équilibres politiques européens et mondiaux se sont fragilisés. Les défis à relever en 2017 sont nombreux, importants, pressants.

Dans un ouvrage très récent consacré à la préhistoire, les chercheurs considèrent que « *La domestication n'est pas tant liée à des conditions climatiques favorables qu'à un changement dans l'esprit de l'homme* ». Il en va peut-être de même avec la situation actuelle : les esprits mûrissent, beaucoup sont prêts à changer, s'ils en voient la possibilité, et si la société leur permet d'évoluer, sans exiger dans l'immédiat l'idéal : il faut continuer à manger, à produire, les virages ne peuvent être négociés qu'avec doigté, progressivement : un coup de volant brutal produirait une embardée meurtrière ! Soyons résolument optimistes pour 2017 : si les défis sont immenses, les pistes de réponses sont solides et multiples, mais **le REALISME doit l'emporter sur l'ANGELISME**.

Un théoricien de l'architecture, Walter Gropius, fondateur du Bauhaus, considérait que « *les spécialistes sont des personnes qui répètent toujours les mêmes erreurs* ». C'est un appel à chacun pour rester à l'écoute des femmes et des hommes de terrain, qui réfléchissent et vivent leur métier dans ses difficultés et ses contradictions. Notre Compagnie peut dans cet esprit contribuer à faire avancer les choses, avec ses membres aux parcours élargis et diversifiés, alliant compétence et expérience...

Je tiens à remercier chacune et chacun pour les actions menées durant cette année de mandature, et tout spécialement les membres du bureau, le secrétaire et le trésorier perpétuel, ainsi que notre vice-président, Michel Candau, qui a été extrêmement actif durant toute cette année, et à qui je suis particulièrement heureux de **transmettre l'insigne du pouvoir : la sonnette** de président de notre Compagnie.

Je vous remercie.

L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE FACE AUX ENJEUX ET DÉFIS DE L'AGRICULTURE

par Michel CANDAU

Président de l'Académie d'agriculture pour l'année 2017

M. le Secrétaire Perpétuel,
M. le Trésorier Perpétuel,
Mr l'Invité d'honneur, cher Christian Pès,
Chères consœurs, Chers confrères,
Mesdames, Messieurs.

Tout d'abord permettez-moi d'adresser à chacune et à chacun d'entre vous mes vœux les meilleurs pour cette nouvelle année 2017. Je formule également des souhaits pour notre compagnie, ses ambitions, ses projets, ses travaux et leur réussite. J'ai une pensée particulière pour ceux de nos confrères qui auraient souhaité être présents aujourd'hui et qui en ont été empêchés par leur état de santé : je leur adresse mes vœux de rétablissement et les assure de notre reconnaissance pour tout ce qu'ils ont fait pour notre Compagnie.

Je mesure l'honneur que vous m'avez fait en me confiant la fonction de Président pour l'année 2017 et les responsabilités qui vont être les miennes, surtout quand je pense aux grands anciens qui ont occupé cette fonction, notamment mes maîtres Jacques Delage et Raymond Février, qui m'ont accompagné tout au long de ma carrière, dont nos chemins se sont souvent croisés.

En ce jour d'installation du nouveau bureau, je souhaite adresser mes remerciements pour son action efficace à notre Président sortant Paul Vialle, dont les mérites ont été rappelés ce matin par notre Secrétaire Perpétuel. Je me réjouis de l'arrivée au sein de ce bureau du nouveau Vice-Président Bertrand Hervieu dont l'expérience et l'expertise seront précieuses.

Cette équipe « Bureau » constituée autour du Secrétaire Perpétuel, du Trésorier Perpétuel, du Vice-Secrétaire et du Vice trésorier est l'instance d'administration de notre Compagnie qui selon le souhait du Secrétaire Perpétuel fonctionne selon un mode collégial permettant à chacun d'exprimer sa position et impliquant la solidarité de tous lorsqu'une décision est adoptée.

Grâce aux démarches de Paul Vialle, outre les concours de C. Migné, de S. Verger et de C. Ledoux-Danguin nous pouvons compter sur celui nouveau et précieux de Philippe Kim-Bonbled.

D'après nos statuts l'Académie d'agriculture de France a pour mission d'éclairer les pouvoirs publics et la société en général sur les évolutions souhaitables pour tout ce qui concerne l'agriculture, l'alimentation, l'environnement et on pourrait ajouter la santé. Cette mission est la sienne depuis sa création en 1761, en pleine période où va triompher la philosophie des lumières et celle de la raison. Cette confiance en une science salvatrice source de progrès bienfaiteur va servir de moteur aux innovations des 19^{ème} et 20^{ème} siècle. La fin du 20^{ème} et le début du 21^{ème} siècle sont marqués par une ambivalence latente et récurrente (croire en la science, en sa neutralité mais craindre les usages mal contrôlés de ses découvertes : pollution, diminution de la biodiversité, risques alimentaires, eugénismes, etc..). Notre Confrère Christian Lévêque a magistralement analysé ces « Relations complexes des Sciences et des Citoyens » dans son discours lors de la

séance solennelle du 25 septembre 2013. Notre compagnie a intégré cette question dans son programme en se préoccupant de l'acceptabilité sociale des innovations.

Je me propose dans un premier temps d'analyser la situation de l'agriculture française, la satisfaction des besoins alimentaires mondiaux, les innovations technologiques de rupture qui se développent et d'en déduire des propositions pour les actions à venir. Christian Pèes vous donnera sa vision de cette « Agriculture française à l'heure des choix ». Je souhaite réfléchir avec vous au rôle de l'Académie d'agriculture dans ce contexte.

A- L'agriculture française face à la crise, à l'insécurité alimentaire mondiale et à un big-bang scientifique

1- L'agriculture française en pleine tourmente

2016 : « Une année horribilis » pour l'agriculture française pour reprendre l'expression de notre confrère André Neveu.

A l'effondrement des prix (volaille et porc l'hiver dernier, le lait cette année et la viande bovine en permanence) sont venus s'ajouter des conditions climatiques exceptionnellement mauvaises induisant de nombreux stress biotiques ou abiotiques pour de nombreuses productions végétales et d'abord les céréales à paille dont le blé avec un rendement de 30% inférieur à la moyenne quinquennale. On peut ajouter à ce tableau le secteur des fruits et légumes ainsi que les filières avicoles, en particulier celles du Sud-Ouest actuellement touchées par la souche H5N8 très virulente du virus influenza de la grippe aviaire après la crise du printemps dernier due à la souche H5N1 qui avait entraîné un vide sanitaire de plusieurs mois.

2016, une année difficile par voie de conséquence pour les agriculteurs dont les revenus ont été amputés d'un quart en 2016 par rapport à 2015. Cette situation est grave puisqu'en 2016, avec la crise, plus de 50% des agriculteurs recevront moins de 350€ par mois.

La France reste cependant le 1^{er} pays agricole au sein de l'UE. Avec 75,2 milliards d'€, la production agricole française devance celle de l'Italie (55,2 Milliards d'€), de l'Allemagne (51,5 Milliards d'€) et de l'Espagne (45,5 Milliards d'€).

Néanmoins la France ne cesse de perdre des parts de marché dans le commerce alimentaire mondial. En quelques années elle est passée du 2^{ème} rang au 5^{ème} rang parmi les exportateurs mondiaux précédée par les Etats-Unis, l'Allemagne, les Pays-Bas et le Brésil. Elle reste néanmoins très performante, avec un excédent agricole et alimentaire de 11,7 Milliards d'€ en 2015, dans les exportations de blé, d'alcool (vins et spiritueux) mais beaucoup reste à faire dans le lait, la viande ou les fruits et légumes.

La France a donc moins bénéficié de l'accroissement de la demande alimentaire mondiale que d'autres pays.

Faut-il repenser notre modèle de développement agricole comme le suggère notre confrère André Neveu ?

L'heure est-elle venue, comme le préconise notre nouveau confrère Philippe Chalmin, de développer des outils de gestion de la volatilité des prix et d'engager les filières dans des démarches contractuelles ?

Christian Pèes nous présentera sa vision de cette agriculture française à l'heure des choix et nous présentera les outils qui pourraient être mis en place pour affronter les crises liées au retournement des marchés dans un contexte de durcissement de la compétition mondiale.

2. Le radeau de la Méduse : l'insécurité alimentaire mondiale

Les défis de l'agriculture mondiale :

En fait, si on élargit notre réflexion à l'agriculture mondiale, on peut parler d'une situation évoquant le radeau de la Méduse, selon l'expression chère à un de nos grands anciens Raymond Février « La croissance démographique face à un patrimoine fini »

L'agriculture du 21^{ème} siècle est confrontée à de multiples défis :

- Produire plus de denrées alimentaires pour une population sans cesse croissante avec une main d'œuvre rurale réduite,
- Produire plus de matières premières pour un marché des bioénergies potentiellement considérable,
- Contribuer à l'essor global de nombreux pays en voie de développement tributaires de l'agriculture,
- Adopter des méthodes de production plus efficaces et plus durables,
- S'adapter au changement climatique,
- Réduire les pertes et les gaspillages alimentaires (30% de pertes avant récolte et 30% de pertes après récolte ;

Les politiques agricoles doivent donc changer pour nourrir 9,5 milliards d'habitants d'ici 2050, la production agricole devant augmenter de 60% dans cette perspective. L'accroissement des surfaces agricoles étant envisageable mais incertain, la réduction de pertes difficile à mettre en œuvre faute de moyens, c'est donc d'abord par l'augmentation des rendements à l'hectare qu'il sera possible d'accroître l'offre alimentaire. Cette intensification de la production est source d'inquiétudes et d'interrogations sur les possibilités d'y parvenir avec des méthodes de production durables.

Pour nourrir de façon saine et durable la population mondiale, une adaptation des régimes alimentaires d'une part et des systèmes de production agricoles d'autre part s'avèrent nécessaires.

Je souhaiterais insister sur quelques données qui montrent l'ampleur des défis à relever :

-On estime en 2015 à 795 millions, ce qui équivaut à une personne sur 9, le nombre de personnes victimes de la faim dans le monde selon le rapport annuel des Nations Unis.

-En dépit de la croissance démographique rapide la proportion de la population mondiale sous-alimentée a cependant été ramenée de 18,6% en 1990-1992 à 10,9% en 2014-2016. Pour les régions en développement cette prévalence de la sous-alimentation, qui mesure la proportion de personnes dont l'apport énergétique alimentaire est insuffisant pour mener une vie saine et active, est tombée à 12,9% de la population par rapport à 23,3% enregistrés il y a un quart de siècle.

Malgré cette amélioration globale, la situation en Asie du Sud et en Afrique subsaharienne reste préoccupante. C'est cette dernière qui accuse la prévalence la plus élevée de la sous-alimentation dans le monde : 23,2% soit près d'une personne sur 4, avec de fortes disparités selon les pays.

Par ailleurs, le changement climatique pourrait mettre à mal les efforts réalisés au cours de la dernière décennie : ainsi 70% des cultures pourraient être affectées par les conséquences du réchauffement climatique : sécheresse, inondation, baisse des rendements sous l'effet de la chaleur, diminution des terres agricoles par suite de la montée des eaux. Si rien n'est fait 600 millions de personnes supplémentaires souffriront de la faim d'ici 2080.

Le possible et le réel :

Un rapport en date de février 2014 du CGAER estime que nous disposons des techniques et des ressources suffisantes pour nourrir 9,5 milliards de personnes en 2050. Le décalage entre les lieux de production excédentaires et les zones où vivent les populations souffrant de la faim constitue un élément essentiel, l'enjeu étant d'ajuster une offre alimentaire globalement suffisante. La lutte contre la pauvreté et le développement du commerce international sont donc déterminants.

L'étude prospective Agrimonde-Terra de juin 2016 qui propose différents scénarios d'évolution des usages des terres et leurs conséquences sur la sécurité alimentaire souligne, comme la précédente, que quel que soit le scénario envisagé le commerce international sera essentiel pour assurer la sécurité alimentaire mondiale en 2050.

La contribution de l'agriculture à la réduction de la faim, en particulier la petite agriculture et l'agriculture familiale, ne consiste pas seulement à produire des aliments là où les besoins sont les plus pressants mais à créer des emplois, à procurer des revenus et à soutenir les moyens d'existence ruraux. Il s'agit donc pour chaque filière de production de prendre en compte et de valoriser toutes les étapes de la chaîne de valeurs depuis la production jusqu'à la consommation.

La croissance économique dans ces pays est toujours bénéfique en permettant des investissements dans les infrastructures, en finançant les transferts sociaux et autres programmes d'assistance. Le développement de la protection sociale est fortement lié aux progrès réalisés dans la réduction de la faim.

Les investissements dans l'environnement d'amont (agrofourmiture) et d'aval (agroalimentaire) et dans les institutions : enseignement et formation professionnelle, recherche et vulgarisation, organisations professionnelles agricoles, régimes fonciers, services vétérinaires, assurance et gestion des risques sont également à prendre en compte.

Quelle que soit la voie choisie pour améliorer la situation d'insécurité alimentaire et nutritionnelle, des régions comme l'Afrique du Nord, le Moyen Orient, l'ensemble de l'Afrique subsaharienne et l'Inde auront du mal à s'adapter en raison de leur situation nutritionnelle et agricole actuelle, de leurs perspectives démographiques et de leur trop forte dépendance aux importations agricoles. L'Afrique qui représentera un quart de la population mondiale en 2050 est pour l'Europe l'enjeu majeur des années à venir.

3- La Boîte de Pandore : le choc CRISPR Cas 9

La recherche et l'innovation sont partout considérées comme indispensables pour relever les défis auxquels est confrontée l'Agriculture tant au plan mondial que national.

Accroître biologiquement la capacité de production des espèces, étendre les surfaces cultivées à des sols actuellement peu utilisables, faciliter l'adaptation des espèces à la diversité des milieux, réduire les pollutions sont des résultats que l'on peut attendre des recherches sur le vivant et des innovations technologiques qui en découlent.

Dans les technologies du vivant, au cours de ces dernières années on a vu des progrès fulgurants grâce au développement des technologies utilisant une combinaison de quatre domaines scientifiques en pleine effervescence : Nanotechnologies, Biotechnologies, Informatique et sciences Cognitives. Certains utilisent l'acronyme NBIC pour désigner l'interconnexion croissante entre ces domaines.

Parmi ces technologies, les *News Breeding Techniques* (NBT) d'édition de l'ADN sont en train de transformer la médecine et l'agriculture. Les dernières années ont été marquées par le « big-bang » du génie génétique grâce au CRISPR Cas 9, un nouveau moyen relativement facile et peu coûteux de modifier l'ADN des cellules vivantes ; l'objectif étant de couper le génome à un endroit pour y induire une mutation ou y insérer un gène.

Jamais une nouvelle technologie ne s'impose d'emblée en science : elle doit être comprise, ses limites testées. C'est pourtant ce qui arrive avec le CRISPR Cas 9. Nous avons vu ce petit outil moléculaire dans les revues scientifiques en juin 2012, six mois plus tard, son efficacité était prouvée pour modifier le génome humain ; depuis c'est l'explosion.

Tous les domaines de recherche en biologie sont concernés par cette technique d'édition des gènes avec une course en avant dans ses applications en médecine, en pharmacie, en agriculture, en agroalimentaire. Dans le secteur agricole de nombreux développements montrent que les outils

CRISPR Cas 9 pourraient accélérer la sélection génétique de caractères ciblés. Par ailleurs de nombreux travaux sont déjà menés sur des plantes cultivées (maïs, blé, soja, tomate, riz, café...).

Les opportunités semblent évidentes pour les recherches en amélioration des plantes : les deux académies d'Agriculture de France et des Technologies ont du reste formulé un avis sur la réglementation de la mutagenèse ciblée par édition du génome dans le domaine végétal.

Ce système ouvre de nombreuses et prometteuses possibilités concrètes qui ne sont pas cependant sans poser des questions réglementaires, sociétales, écologiques et éthiques.

Le Ministère de l'agriculture américain a déjà indiqué que ce type de modification génétique chez les plantes cultivées où il n'y a pas d'ajout d'un gène d'un autre organisme et dont le produit final est similaire aux variétés obtenues par des méthodes classiques de croisements, mutagenèse et sélection, ne ferait pas à priori l'objet de réglementations. L'Union Européenne doit quant à elle déterminer prochainement si ce type de produit est concerné par la réglementation actuelle des OGM.

Des chercheurs en Californie viennent de créer des moustiques génétiquement modifiés qui non seulement résistent à la malaria mais font hériter de ce trait à leur progéniture : technologie du *gene driving* ou forçage génétique. Cette technique modifierait elle seulement le génome de la population visée ou pourrait-elle être transmise à d'autres espèces ? La disparition d'une espèce jugée nuisible entrainerait elle le déséquilibre de tout un écosystème ?

En médecine humaine, cette technique est utilisée pour modifier le génome de cellules somatiques avec des applications cliniques très proches. La question de la modification de la lignée germinale est posée. Rappelons que des pays européens (15 dont la France) ont interdit la modification de la lignée germinale, les Etats-Unis ne l'ont pas explicitement interdit pour la recherche privée et en Chine la loi ne l'interdit pas.

Très récemment et de manière assez surprenante, la communauté du renseignement américain (U.S. Intelligency Community) a ajouté le génome-editing à la liste des armes de destructions massives identifiant la technologie comme une menace majeure pour les Etats-Unis et pour le monde, au même titre que les armes chimiques ou la bombe nucléaire.

Cette technologie pose donc des problèmes éthiques prégnants mais aussi des questions ontologiques : en transformant l'homme et son environnement les NBT provoquent un véritable changement de civilisation qui s'inscrit comme une rupture darwinienne sur l'échelle de notre évolution : nous vivons un instant où l'homme peut agir sur sa condition, sa longévité, son biotique pour le meilleur ou pour le pire.

B- Comment créer les conditions d'une agriculture française innovante

Nous venons de voir que l'Agriculture française doit relever de nombreux défis ce qui requiert des évolutions profondes des filières agro-alimentaires en gardant à l'esprit :

-qu'à une extrémité se trouvent les consommateurs français ou étrangers qui expriment vis-à-vis des denrées alimentaires des attentes diversifiées et parfois contradictoires en termes de produits qui satisfassent leurs besoin et sensibilité du moment (qualité, traçabilité, sécurité sanitaire, stratégie de marque ainsi que de labels ou d'appellation d'origine pour le marché international, prix compétitifs du produit banal ou gastronomique). La notion de consom'acteurs est de plus en plus utilisée pour traduire ce changement de paradigme.

-qu'à l'autre extrémité se trouvent des exploitations agricoles :

- avec des systèmes de production très diversifiés en fonction des territoires et des objectifs de production,
- avec un objectif pour chacune d'entre elles de dégager une rentabilité suffisante et d'assurer de bonnes conditions de travail et de qualité de vie,

- avec une nécessité de multi performances économique, environnementale, sanitaire et sociale.

L'ouverture des économies agricoles et le commerce international exige par ailleurs un niveau élevé de compétitivité et donc d'innovation. C'est ainsi que les coopératives, par exemple, font de l'internationalisation des activités de leur groupe (1/3 de leur chiffre d'affaires en moyenne) et de l'innovation des axes stratégiques pour leur avenir.

Comment développer et accompagner des systèmes de production agricole à la fois productifs, compétitifs, économes en ressources et respectueux de l'environnement ?

Nos confrères Bernard Hubert et Michel Griffon, pour ne citer qu'eux, ont été des pionniers par leurs travaux portant sur cette thématique.

La loi d'Avenir de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Forêt (2014), à la conception et à l'élaboration de laquelle notre consœur Marion Guillou et nos confrères Bertrand Hervieu et Henri Nallet ont joué un rôle important, vise à créer une dynamique de changement répondant à cette question.

Elle a été accompagnée par un ensemble de plans (Enseigner à produire autrement, Ecophyto 2, Ecoantibio, initiative 4p.1000 pour le stockage du carbone dans les sols, Protéines végétales, Semences et Plantes pour une agriculture durable...) permettant de mettre en pratique la feuille de route qu'elle traçait. Deux lois ont complété pendant cette période le dispositif : la loi sur la lutte contre le gaspillage alimentaire et la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages avec la création d'un opérateur innovant dédié à la biodiversité : l'Agence française pour la biodiversité dont notre Confrère Bernard Chevassus-au-Louis a été un des artisans. En 2017 est prévue la création du Centre National de Référence pour le bien-être animal.

En prolongement de la loi d'Avenir, c'est la recherche d'une compétitivité durable qui a guidé la mission « Agriculture-Innovation 2025 » et la proposition du plan du même nom.

Stimuler les transitions écologiques et bio-économiques, favoriser l'innovation ouverte, prendre le virage du numérique, accélérer l'essor de la robotique, mobiliser les biotechnologies et soutenir le biocontrôle, tels sont les enjeux fédérateurs assignés à l'agriculture française d'ici 10 ans dans ce plan important car le risque de décrochage de la France en termes d'innovation ne devait pas être sous-estimé.

Biologie synthétique, génétique moléculaire, NBIC figurent parmi les grands réservoirs de progrès technique. Les NBT, nous l'avons vu, permettent une accélération de la sélection avec des enjeux considérables. Les obstacles réglementaires ne doivent pas condamner la France à regarder passer l'innovation, même si les risques doivent être encadrés.

La révolution du numérique représente également un enjeu stratégique pour notre agriculture. A l'heure de l'innovation numérique on parle d'Agriculture 4.0 par référence au programme allemand d'industrie 4.0 qui encourage la révolution numérique des industries avec toutes ses conséquences économiques et sociales.

L'agriculture n'échappe pas au bouleversement de l'économie numérique avec :

- -l'arrivée de l'informatique dans les exploitations agricoles pour assurer progressivement la gestion économique, technique et écologique des exploitations,
- -l'intégration de plus en plus poussée de l'électronique embarquée sur les équipements,
- -le développement d'outils d'aide à la décision, de robots et de composants robotisés dans les bâtiments et aux champs,

- la multiplication des outils et services basés sur l'imagerie de proximité (capteurs embarqués sur les machines roulantes, sur des drones, des ULM ou des avions) ou plus éloignée (imagerie satellitaire) vient conforter cette transition vers une agriculture numérique.

Dans ce contexte la gestion de l'accès aux données générées et archivées et de leur propriété fera l'objet d'enjeux majeurs dans les années à venir sans oublier les problèmes éthiques induits, le big data devant profiter à toutes les agricultures et tous les agriculteurs. L'INRA vient d'ailleurs de publier une charte sur le partage des données (stratégie de l'open data), l'objectif étant d'avoir une potentialisation de la production de connaissances pour développer des outils d'aide à la décision pour tous les opérateurs.

L'agriculture constitue un marché prometteur pour les acteurs des technologies numériques : fournisseurs de solutions d'agro équipements, acteurs de la robotique, startups dans des programmes drones et capteurs, late formes de commerce du circuit court à l'international. Le fait que le prochain SIA ait réservé un espace dédié à l'agriculture 4.0 est significatif du développement de ce secteur.

Cette dynamique souligne le dynamisme du secteur agricole dans son ensemble pour réinventer de nouvelles méthodes de production ou d'organisation. Les crises du monde agricole peuvent donc également stimuler l'esprit d'initiative, l'inventivité et le sens de l'innovation, qui a toujours caractérisé ce secteur, pour faire face aux défis alimentaires, écologiques et sociétaux.

C- Quels enjeux pour L'Académie ?

Le contexte que nous venons de décrire montre que **dans les années à venir** l'agriculture devra être multi performante :

- maintenir une productivité croissante pour satisfaire une demande mondiale dans une économie mondialisée,
- assurer typicité, qualité, traçabilité et sécurité sanitaire de ses productions pour des consommateurs français ou étrangers,
- faire face aux contraintes du réchauffement climatique, à celles des exigences environnementales de préservation des écosystèmes et de gestion économe des intrants,
- participer à la diversification de la valorisation des productions pour des usages autres qu'alimentaires.

Cette agriculture multi performante et éventuellement multifonctionnelle sera également diverse en fonction des territoires et des terroirs, allant pour la commercialisation des circuits courts au marché international avec tous les intermédiaires. Produire local et vendre à l'international est du reste une démarche adoptée par de nombreux acteurs économiques de nos filières.

L'Académie d'agriculture est au rendez-vous de ces multiples contraintes au travers des 6 grandes thématiques de son programme de travail qui font consensus.

Les travaux préparatoires des sections et des groupes de travail et leurs propositions permettent une actualisation annuelle de ce programme : des thèmes d'actualité sont traités, de nouveaux groupes de travail sont constitués.

A un horizon plus lointain l'avenir est bien sûr plus incertain. Le Gis Relance Agronomique et l'ACTA dans une étude de prospective, à laquelle ont participé plusieurs membres de notre compagnie, sur l'avenir pour l'Agriculture et le système R et D agricole français ont identifié 8 dimensions clés pour raisonner cet avenir : l'environnement et le climat, les innovations technologiques, le contexte européen et mondial, les filières et les marchés, les dynamiques territoriales, les agriculteurs et les exploitations agricoles, les consommateurs et les politiques publiques.

Ils en ont déduit 4 scénarios agricoles contrastés pour l'agriculture française à l'horizon 2040, s'appuyant sur des visions différenciées de la place économique et sociale de l'agriculture et qui représentent des futurs possibles :

-Scénario 1 : **Un monde écologique** qui a adopté une stratégie d'autonomie, avec une PAC réorientée sur les problématiques environnementales, la production française étant avant tout tournée vers le marché européen avec des objectifs d'autonomie protéique. C'est le scénario tendanciel classique en prospective qui poursuit le projet agro-écologique actuel.

-Scénario 2 : **Une Europe agricole**, avec une agriculture exportatrice de produits de qualité. Dans ce scénario, l'Union Européenne, politiquement forte, soutient ses secteurs agricoles et agroalimentaires en impulsant une montée en gamme de leurs productions à des fins d'exportations extra-européennes.

-Scénario 3 : **Une Europe industrielle**, avec une agriculture au service d'une Industrie exportatrice et régulée : dans ce cas l'Union européenne met en place des stratégies industrielles (investissements, harmonisation des réglementations) visant à améliorer la compétitivité de son industrie, favoriser l'export et ainsi relancer la croissance et créer des emplois. L'agriculture est considérée comme une industrie intermédiaire produisant en masse des produits de qualité standard sur un marché mondial très concurrentiel.

-Scénario 4 : **Un monde libéral**, avec une agriculture de firme sans régulation de l'État : dans ce scénario, la crise économique s'accroît et affaiblit l'Union Européenne qui finit par se disloquer. L'Europe devient une zone de libre-échange, cadrée par des accords internationaux réduisant très fortement les réglementations commerciales, sociales et environnementales.

Ces scénarios n'ont pas la prétention de décrire un futur certain ou d'être exhaustifs, ils éclairent par contre sur les forces qui construiront cet avenir incertain en particulier la nécessité de situer nos réflexions dans un contexte européen et mondial incertain, ce qui est bien la situation actuelle. Lorsqu'on reprend les travaux de prospective anciens, on constate que les scénarios se réalisent rarement mais que le futur reprend souvent un mélange de plusieurs orientations, ce qui laisse un vaste champ aux débats !

Je viens de vous présenter quelques éléments de contexte qui me paraissent pouvoir être pris en compte pour que notre Compagnie remplisse toujours mieux son rôle d'interface entre l'agriculture et la société, entre la science et la société. Cette présentation, j'en suis conscient, est très incomplète et partielle.

Raymond Lacombe en créant le groupe de Camboulazet en 2001, écrivait : « Dépasser le quotidien pour réfléchir à l'avenir, se dégager de l'action pour la resituer dans des perspectives élargies, nous en avons besoin. Plus que jamais des lieux de rencontre et de réflexion s'imposent ».

Notre Académie est bien sûr l'un de ces lieux, compte tenu de ses atouts : indépendance, compétences et expertises diverses de ses membres, pluralité de pensée, ouverture à des avis

externes. Je vous propose de les mobiliser pour approfondir notre réflexion dans 4 directions qui à mon avis représenteront des enjeux pour les prochaines années :

Nous doter d'une organisation permettant de mieux nous situer dans l'actualité :

Mieux cerner l'actualité au niveau de la conjoncture et de la prospective, être en mesure d'identifier les signaux faibles, les faits et les idées porteurs d'avenir, anticiper des futurs probables qui, nous venons le voir, ne sont pas écrits à l'avance, et appréhender leurs impacts sur des bases solides, nous permettraient de mieux réfléchir nos propositions de séances, de colloques, de groupes de travail, de communication, de publications, de partenariat et de recrutement. Conscient que comme l'a indiqué Henri Bergson « L'avenir n'est pas ce qui va arriver mais ce que nous allons faire », c'est à une réflexion stratégique que je vous invite sous une forme à déterminer.

Participer à un approfondissement des questions d'éthique et de déontologie :

Paul Vialle dans son magnifique discours de la séance solennelle du 5 octobre dernier appelait de ses vœux « la mise en place d'une réflexion interacadémique pour réfléchir ensemble et plus tard éclairer nos concitoyens et les pouvoirs publics » (je le cite) sur les questions éthiques, sociales et écologiques que posent comme nous l'avons vu les nouvelles méthodes d'édition du génome (mais elles ne sont pas les seules). Je m'associe à son souhait qui permettrait d'élargir notre réflexion et j'ai eu connaissance que l'Académie des sciences souhaite s'engager dans la même direction. Le moment apparaît donc opportun pour engager une évaluation éthique de ces technologies disruptives (et d'autres) en intégrant outre la rationalité scientifique et économique des considérations de justice, de liberté, de diversité biologique, c'est-à-dire des considérations déontologiques en tenant compte des controverses sur le plan épistémologique.

Travailler la question de la réglementation et des normes :

Ce sujet est décisif pour notre agriculture dans un contexte de mondialisation et de compétitivité. Cette question est posée dans toutes les instances politiques (adoption le 6 décembre au Sénat d'une résolution visant à simplifier les normes imposées aux agriculteurs, point commun aux programmes de plusieurs candidat à l'élection présidentielle), syndicales, professionnelles. Je propose donc que notre compagnie s'empare de cette question qui concerne toutes nos sections. Certains de nos consœurs et confrères ont d'ailleurs souvent souligné que l'innovation dans le domaine des obtentions végétales notamment est tributaire de ces aspects réglementaires.

Développer des actions en direction de l'Afrique sub-saharienne :

Nous avons souligné le rôle important de l'agriculture pour le développement de cette zone géographique extraordinairement diverse, dont la croissance démographique est très importante, qui a un fort potentiel de développement et qui se caractérise par une vulnérabilité face à des conditions météorologiques erratiques.

L'AAF est membre fondateur et actif, grâce à notre confrère Jacques Brulhet, du GID (Groupement Interacadémique pour le Développement) regroupant 10 académies de l'Europe du Sud et de l'Afrique, en l'occurrence l'Académie Nationale des Sciences et Techniques du Sénégal, et ayant pour objectif la mobilisation des savoirs pour le co-développement euro-africain.

Ce GID, qui s'est d'abord intéressé au développement des pays méditerranéens, avec la participation de membres de notre Compagnie à plusieurs colloques autour de la Méditerranée, étend actuellement ses travaux à l'Afrique sub-saharienne (Programme FastDev) : un premier forum a été organisé à Dakar en février 2016 sur le thème « L'emploi des jeunes : la nécessaire co-construction des enseignements-formation et des entreprises ».

Jacques Brulhet anime un groupe d'académiciens qui a vocation à s'élargir et qui serait susceptible d'envisager quelles actions concrètes l'AAF pourraient initier avec d'autres partenaires français et

africains bien sûr dans une stratégie de développement et de partenariat mutuels dans les domaines de la formation professionnelle et de l'emploi.

Nos recrutements récents et à venir de membres associés devraient nous permettre de nous investir avec nos confrères africains dans ce programme FatDev.

En cette période propice aux vœux, permettez-moi d'en formuler un, pour nos travaux, à travers une citation de Saint Thomas d'Aquin : « La concorde ne naît pas de l'identité des pensées, mais de l'identité des volontés ». Je suis sûr que cette volonté d'une réflexion collective au service de l'agriculture, des agriculteurs et de la ruralité nous anime tous.

L'OZONE ANTHROPOGÉNIQUE : UN RISQUE GLOBAL POUR LE CLIMAT ET L'ALIMENTATION DE L'HUMANITÉ

INTRODUCTION

par Bernard SAUGIER¹

1. L'ozone est un mot dérivé du grec *ozein*, exhaler une odeur. C'est une molécule à 3 atomes d'oxygène, un gaz oxydant et à effet de serre, absorbant le rayonnement ultraviolet de courtes longueurs d'onde, et le rayonnement infrarouge autour de 10 μm .

2. L'ozone est formé dans la stratosphère par absorption du rayonnement UV, et dans la troposphère, où c'est un agent oxydant puissant qui provoque des dommages aux feuilles et génère le radical OH. L'ozone troposphérique représente environ 10% de la colonne totale d'ozone, contre 90 % pour l'ozone stratosphérique.

3. On a beaucoup insisté dans le passé sur la destruction de l'ozone stratosphérique par des chloro-fluoro-carbures (CFC) et cela a conduit au protocole de Montréal pour éliminer la production de CFC. Ce protocole a été signé en 1987 et ratifié par l'ensemble des pays en 2009. Le trou d'ozone de l'Antarctique a commencé à se résorber mais le processus prendra plusieurs décennies à cause de la stabilité des CFC.

4. La séance présente est consacrée à l'ozone troposphérique. C'est un gaz qui est naturellement présent à de très faibles concentrations (< 10 ppbv ou parties par milliard en volume) et qui a augmenté de façon importante depuis l'ère industrielle. Comme c'est un gaz très réactif, il varie rapidement dans le temps et dans l'espace, à la différence du CO₂ qui est réparti de façon assez uniforme sur la planète. On peut néanmoins établir des valeurs moyennes sur de longues durées dans des sites à l'écart des grandes sources. Ces moyennes ont fortement augmenté (de l'ordre de 40 ppbv actuellement), posant des problèmes de santé aux populations fragiles (enfants, asthmatiques) et causant des réductions de production aux cultures et aux forêts.

5. A l'origine de cette augmentation on trouve les précurseurs de l'ozone: oxydes d'azote NO_x produits par les moteurs à combustion interne, feux, méthane CH₄ produit par les ruminants et les milieux humides (dont les rizières), et composés organiques volatils non méthaniques (NMVOC) émis par les activités humaines et aussi de façon naturelle par diverses espèces de plantes dont les chênes et les peupliers).

6. On estime que les pertes de récolte dues à l'ozone seraient de l'ordre de 15 % pour la communauté européenne, représentant une perte économique de 3 milliards d'euros.

7. On a peu de données sur les effets de l'ozone sur les plantes sauvages et les forêts, mais l'ozone paraît de nature à diminuer le rôle de puits de carbone des forêts.

8. La séance présente a été organisée par notre confrère Rainer MATYSSEK, professeur à l'Université technique de Munich et membre de l'académie Leopoldina. Il a cherché à associer dans chaque présentation un chercheur français à un chercheur allemand. Nous verrons d'abord le rôle de

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur honoraire, ESE, bât. 362, Université Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex.

l'ozone sur la végétation en général, puis le cas des forêts et enfin celui des cultures. Deux présentations seront faites en anglais.

Déroulé de la séance :

1. Jörg-Peter SCHNITZLER et Yann NOUVELLON : Végétation, interactions avec l'atmosphère, le rôle crucial de l'ozone troposphérique
2. Rainer MATYSSEK et Didier LETHIEC : Direct and indirect effects of tropospheric ozone on forest ecosystems – relevance for global carbon storage, forest products and climate change
3. Jean-François CASTELL et Jürgen BENDER : L'ozone troposphérique, une menace pour l'alimentation de l'humanité ?

INTRODUCTION TO TROPOSPHERIC OZONE

by Bernard SAUGIER

honorary professor, ESE, bât. 362, Université Paris-Sud, 91405 Orsay Cédex.

1. The word ozone is derived from the greek "ozein" that means to exhale an odor. It is a 3 oxygen molecule, an oxidizing agent and a greenhouse gas that absorbs solar radiation in the UV range ($\lambda < 0.3 \mu\text{m}$) and earth radiation in the IR near $10 \mu\text{m}$.

2. Ozone is formed in stratosphere by absorption of UV radiation, and in troposphere, where it is a strong oxidant that causes damage to leaves and generates the radical OH. Tropospheric ozone accounts for about 10 % of the total ozone content, versus 90 % for stratospheric ozone.

3. Destruction of stratospheric ozone by chlorofluorocarbons (CFC) has been much documented in the past, which led to the Montreal protocol to eradicate the production of CFC. Signed in 1987, this protocol has been ratified by the 193 UN states in 2009. The ozone hole in the Antarctic has started to decrease but it is a slow process due to the high stability of CFC.

4. Today's presentation is devoted to tropospheric ozone. It is naturally present at low concentrations of the order of 10 ppbv (parties per billion in volume) and has increased considerably during the industrial era. Since it is very reactive, its concentration varies strongly with time and space, contrarily to CO_2 that is uniformly distributed. There are however long term monitoring stations, and thanks to satellite monitoring, global averages since about 2004. Background concentration has much increased to values near 40 ppbv, causing health problems to fragile populations (asthmatic people and young children) and production decrease in forests and crops.

5. This increase in ozone results of increases in ozone precursors: nitrogen oxides NO_x , produced by internal combustion motors and fires, methane CH_4 produced by ruminants and wet lands (including paddy fields), and non methanic volatile compounds (NMVOC) emitted from fertilizers and also naturally from several tree species.

6. Losses of agricultural harvest due to ozone have been estimated to about 15 % for the European Community, leading to an economic loss of 3 billion euro.

7. There are few data on the effects of ozone on wild plants and forests, but ozone appears to decrease the carbon sink of forests.

L'OZONE TROPOSPHERIQUE
Séance du 11 janvier 2017

8. *The present meeting has been organized by our colleague Rainer MATYSSEK, professor at the Technical University of München and member of the Leopoldina Academy. He has tried to associate in each presentation a French scientist to a German scientist. After a presentation of the interactions between ozone and vegetation, there will be focuses on forests and on crops. Two presentations will be made in English.*

Meeting outline:

1. *Jörg-Peter SCHNITZLER et Yann NOUVELLON : Vegetation - atmosphere interactions – the crucial role of tropospheric ozone*
2. *Rainer MATYSSEK et Didier LETHIEC : Direct and indirect effects of tropospheric ozone on forest ecosystems – relevance for global carbon storage, forest products and climate change*
3. *Jean-François CASTELL et Jürgen BENDER : Tropospheric ozone – a threat for the feeding of mankind ?*

VEGETATION - ATMOSPHERE INTERACTIONS – THE CRUCIAL ROLE OF TROPOSPHERIC OZONE

Jörg-Peter SCHNITZLER¹ and Yann NOUVELLON²

Vegetation is the dominant source of biogenic volatile organic compounds (bVOCs). On a global scale, the source strengths of bVOCs exceed those of anthropogenic VOCs (aVOCs) by an order of magnitude. Due to their high reactivity, VOCs play important roles in determining atmospheric processes such as secondary organic aerosol (SOA), or when VOCs are in the presence of anthropogenic nitrogen oxides (NO_x), they increase ozone formation and alter the concentrations of hydroxyl radicals, the main atmospheric oxidant. Thus, in changing the oxidative capacity of the troposphere, VOCs influence the local and regional air composition through altering the chemical lifetime of reactive gases with substantial impacts on vegetation and climate.

Biogenic emissions from vegetation are species-specific and the terpenoids isoprene and monoterpenes normally dominate the overall bVOC profile of woody plants. Isoprene and monoterpenes are predominantly emitted in a 'constitutive' manner as a function of light, temperature, and seasonality. In addition to 'constitutive' emissions, significant quantities of 'stress-induced' bVOCs can be emitted into the atmosphere following abiotic (e.g., ozone) and/or biotic (e.g. herbivores) stresses. For instance, some monoterpenoids, the classes of sesquiterpenoids, benzenoids, and volatile lipoxygenase products (so called 'green leaf volatiles') are typically induced and emitted from green foliage after exposure to ozone or herbivores. However, despite the potential of terpenoids and benzoids to influence ozone and SOA formation, stress-induced bVOC fluxes are rarely considered in the context of atmospheric chemistry. In particular the net effect of multiple stress factors, which frequently co-occur in nature, on stress-induced bVOC emission remains still poorly understood.

Besides its release of VOCs, vegetation also represents a major sink of atmospheric VOC oxidation products, i.e. carbonyls and ketones (i.e. methyl vinyl ketone) challenging the plants' defense system. Thus in anthropogenically polluted urban and suburban areas, the vegetation can suffer twice - from the deposition of ozone and from VOC breakdown products generated during ozone formation processes.

The presentation will give an overview on the complexity of biosphere-atmosphere interactions and will highlight future research goals and possible strategies to mitigate harmful atmospheric feedbacks on vegetation.

¹ Research Unit Environmental Simulation (EUS), Institute of Biochemical Plant Pathology, Helmholtz Zentrum München, Neuherberg, Germany.

² Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France

***DIRECT AND INDIRECT EFFECTS OF TROPOSPHERIC OZONE
ON FOREST ECOSYSTEMS – RELEVANCE FOR GLOBAL CARBON
STORAGE, FOREST PRODUCTS AND CLIMATE CHANGE***

Rainer MATYSSEK¹ & Didier LE THIEC²

Tropospheric ozone (O₃), as occurring at enhanced concentrations upon anthropogenic precursor formation, is a secondary air pollutant, which has gained awareness as an intrinsic component worldwide of climate change. Precursors from combustion processes (industries, transportation, large-scale forest burning during land-use change) intermingle with pathways to warming and exacerbating drought, as enhanced O₃ formation is directly climate-active. Increasing O₃ levels drive O₃/VOC interaction (as demonstrated in the preceding presentation), which may reinforce precursor release.

What do we know about the action of enhanced O₃ levels on forest trees and ecosystems ? Apparently, O₃ has not turned out as an immediate “tree killer” as assumed in the 1980/90s during discussions of “novel forest decline”. Rather, O₃ effects are more subtle, as already indicated by the plethora of chamber O₃ fumigation experiments during the 20th century. However, experimental settings were not ecologically relevant. Reliable evidence became available after performing free-air O₃ canopy fumigation experiments, such as in USA (AspenFACE), Germany (Kranzberg Forest) and Finland (Kuopio), for up to one decade each, or recently started in Japan (Sapporo, Tsukuba), Italy (Florence) or prepared in China (Beijing) on aggrading pioneer or climax tree species, or maturing forest trees in plantations or forests without chamber enclosure.

Findings coincide that enhanced O₃ globally lowers carbon sink strength of trees and storage capacities of the entire tree-soil system of forests, with manifold indirect effects such as by enhanced soil respiration, fine-root productivity, and changing mycorrhizae and microbial associations. Hence, aggrading and maturing trees under free-air conditions are O₃-sensitive as concluded from chamber studies, but differ by extents and mechanisms of O₃ sensitivity with indirect feedbacks to enforcing climate change. Noteworthy, enhanced chronic O₃ impact on stomatal regulation reduces transpiration, which is climate-effective as well at large scale, with risks for enhanced water run-off from ecosystems and erosion/flooding. Largely unknown are O₃ effects on forest products and socio-economic implications by O₃-affected forest services.

The outlined O₃ effects at forest/plantation sites are of concern, as O₃ is distributed in the lower atmosphere at transcontinental and hemispheric scales. Additionally, upcoming “hot spots” of O₃ formation are recognized in the tropics (central S-America and Africa, SE- and E-Asia), and also in Southern Europe (Mediterranean region). The current atmospheric C pool might be lower by up to 100 Gt in the absence of O₃ limitation on forest C storage since the beginning of the 20th century, although conclusions are based on non-validated modeling. How do such modeling-derived conclusions comply with observations of enhanced and accelerated biomass accumulation of forests, at least, across Central Europe ? Would removal of O₃

¹ Chair for Ecophysiology of Plants, TUM School of Life Sciences Weihenstephan, Technische Universität München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, D-85354 Freising.
Email: matyssek@wzw.tum.de

² INRA National Institute for Agronomic Research, UMR Forest Ecology and Ecophysiology rue d'Amance, F-54280 Champenoux
Email : didier.lethiec@inra.fr

L'OZONE TROPOSPHERIQUE
Séance du 11 janvier 2017

precursors from the atmosphere enhance biomass accumulation further ? Can explanatory models such as employed to crops resolve the observational conflict ?

Forest ecosystem-level response to O₃ still is vague, given that response is shaped by the plasticity of multi-factorial interactions at forest sites. In particular, biotic interactions are drivers of ecosystem response, however, hardly understood. Perspectives will be outlined in experimental field research towards mechanistic ecosystem-level understanding of O₃ impact, required to reconcile O₃ effects on climate and forest health.

Résumé

L'ozone troposphérique (O₃), qui se forme à des concentrations élevées à partir de précurseurs anthropiques, est un polluant atmosphérique secondaire qui est considéré maintenant dans le monde entier comme une composante intrinsèque du changement climatique. Les précurseurs issus des processus de combustion (industries, transport, brûlage des forêts à grande échelle lors du changement d'affectation des terres) sont impliqués dans le réchauffement climatique et l'accentuation des sécheresses ; ce qui amène aussi à une formation accrue d'O₃ qui est, elle, directement climatique. L'augmentation des niveaux d'O₃ entraîne par ailleurs une interaction de l'O₃ avec les COVs (comme démontré dans la présentation précédente), qui pourrait renforcer la libération des précurseurs.

Que savons-nous de l'action des niveaux accrus d'O₃ sur les arbres et les écosystèmes forestiers ? Apparemment, l'O₃ n'a pas été un « tueur d'arbres » comme cela l'a été supposé dans les années 1980/90 à l'époque du « dépérissement des forêts ». Les effets de l'O₃ sont plus subtils, comme indiqué par la pléthore d'expériences de fumigation d'O₃ en chambres à ciel ouvert au cours du 20^{ème} siècle. Mais, les "design" expérimentaux n'étaient pas pertinents d'un point de vue écologique. Plus tard, des données fiables ont été obtenues avec des expériences de fumigation à l'air libre, comme aux États-Unis (AspenFACE), en Allemagne (Forêt de Kranzberg) et en Finlande (Kuopio), et ceci pendant une décennie, ou plus récemment au Japon (Sapporo, Tsukuba), en Italie (Florence) ou actuellement en préparation en Chine (Pékin). Ces expérimentations ont été menées sur des essences pionnières ou de climax, dans des plantations ou des forêts, sans système de chambre à ciel ouvert.

Les résultats indiquent que l'augmentation d'O₃ réduit globalement la capacité de puits de carbone des arbres et les capacités de stockage de l'ensemble du système forestier (sol + arbre), avec de nombreux effets indirects sur l'augmentation de la respiration des sols, la productivité des racines fines et la modification des associations mycorhiziennes et microbiennes. Ainsi, les arbres juvéniles et matures poussant dans ces conditions sont sensibles à l'O₃, comme cela avait été conclu lors des études en chambre à ciel ouvert, mais les résultats diffèrent par les mécanismes de sensibilité et montrent des rétroactions indirectes qui pourraient accentuer le changement climatique. Il est à noter que l'augmentation chronique de l'O₃ impacte la régulation stomatique et ainsi réduit la transpiration foliaire, ce qui pourrait avoir des conséquences sur le cycle de l'eau à grande échelle avec des risques accrus d'inondation. Les effets de l'O₃ sur la production forestière et son impact sur les services écosystémiques rendus par les forêts sont largement inconnus.

Les effets de l'O₃ décrits sur de nombreux sites forestiers ou de plantations sont préoccupants, car l'O₃ est distribué dans la basse atmosphère aux échelles transcontinentale et hémisphérique. En outre, les « points chauds » à venir de la formation d'O₃ sont dans les régions tropicales (Amérique du Sud et Afrique centrale, Sud-Est et Est de l'Asie) et également dans le sud de l'Europe (région méditerranéenne). Le pool actuel de carbone atmosphérique pourrait être inférieur de 100 Gt en l'absence de l'impact de O₃ sur le stockage carboné forestier depuis le début du 20^{ème} siècle, bien que les conclusions soient basées sur une modélisation non validée. De quelles manières ces conclusions dérivées de la modélisation sont-elles conformes avec les observations sur l'accumulation accrue et accélérée de la biomasse forestière, tout du moins en Europe centrale ? Est-ce que l'élimination des précurseurs de l'O₃ augmenterait-elle davantage l'accumulation de biomasse ? Est-ce que les modèles explicatifs tels que ceux utilisés en agriculture peuvent-ils résoudre cette contradiction ?

La réponse des écosystèmes forestiers à l'O₃ est encore vague, étant donné que cette réponse est dépendante de la plasticité des interactions multi-factorielles. En particulier, les interactions biotiques qui sont les moteurs de la réponse des écosystèmes, sont à peine comprises. Des perspectives seront exposées à partir de recherches expérimentales sur le terrain à travers la compréhension mécaniste de l'impact de l'O₃ sur l'écosystème, qui est nécessaire pour aborder les effets de l'O₃ sur le climat et la santé des forêts.

TROPOSPHERIC OZONE – A THREAT FOR THE FEEDING OF MANKIND ?

Jean-François CASTELL¹ & Jürgen BENDER²

Tropospheric ozone is a threat to food production as it has negative impact on the yield and quality of important staple crops. Ozone reduces plant productivity by entering leaves through the stomata, causing oxidative stress and decreasing photosynthesis, plant growth and biomass accumulation and allocation. Even short ozone episodes can cause visible injury symptoms to foliage on leafy vegetables (e.g. lettuce, spinach, salad onions), thereby lowering their market value. However, there is a wide intra- as well as interspecific variation in sensitivity to ozone. Important food crops such as wheat, soybean and rice are highly sensitive to ozone, with potato, maize or barley being less sensitive. Data from ozone exposure experiments have been used to develop ozone dose-response relationships for crops which formed the basis to estimate regional or global yield losses. For example, in Europe, estimated loss of wheat grain yield from ozone was about 3 billion € in 2000. Even with current legislation to reduce ozone pollution in Europe, economic losses of wheat are still predicted to be €2 billion in 2020.

Résumé

L'ozone troposphérique représente une menace sérieuse pour la production agricole et la sécurité alimentaire par ses impacts négatifs sur les rendements des principales cultures et sur la qualité des produits. L'ozone agit principalement à l'intérieur des tissus foliaires, vers lesquels il diffuse depuis l'air extérieur à travers les stomates. Les principaux impacts écophysiologiques induits par l'ozone sur les plantes sont le stress oxydant, la diminution de la photosynthèse et la réduction de la croissance. L'accumulation de biomasse est réduite, et sa répartition entre les organes peut être modifiée. Même de courts épisodes de pollution à l'ozone peuvent avoir des impacts significatifs en provoquant d'importants dégâts foliaires sur les légumes-feuilles (salade, oignons, épinards), ce qui abaisse fortement leur valeur marchande. Il existe cependant une très large variabilité intra- et inter-spécifique de la sensibilité des cultures à l'ozone. Des cultures comme le blé, le riz ou le soja font partie des espèces très sensibles à ce polluant, alors que l'orge, la pomme de terre ou le maïs sont moins sensibles. Pour estimer les pertes de rendements globales ou régionales dues à l'ozone, on dispose aujourd'hui de relations dose-réponse établies empiriquement pour la plupart des espèces

¹ UMR Ecosys, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval Grignon
jean-francois.castell@inra.fr

² Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig (D)
juergen.bender@thuenen.de

cultivées à partir de données expérimentales. A l'aide de ces outils, on a pu estimer par exemple que le coût des pertes de rendements en grain du blé au cours de l'année 2000 étaient de l'ordre de 3 milliards d'euros. Malgré les politiques de réduction de la pollution de l'air par l'ozone mises en place actuellement en Europe, on estime que ces coûts économiques seront encore de l'ordre de 2 milliards d'euros pour le blé en 2020.

L'OZONE ANTHROPOGENIQUE, UN RISQUE GLOBAL POUR LE CLIMAT ET L'ALIMENTATION DE L'HUMANITE

Synthèse de la séance organisée par R. MATYSSEK¹

par Daniel TESSIER²

L'ozone troposphérique, des basses couches de l'atmosphère, est un gaz qui est naturellement présent à de très faibles concentrations (< 10 ppbv ou parties par milliard en volume) et qui a augmenté de façon importante depuis l'ère industrielle. Comme c'est un gaz très réactif, il varie rapidement dans le temps et dans l'espace, à la différence du CO₂ qui est réparti de façon assez uniforme sur la planète. On peut néanmoins établir des valeurs moyennes sur de longues durées dans des sites à l'écart des grandes sources. Ces moyennes ont fortement augmenté (de l'ordre de 40 ppbv actuellement), posant des problèmes de santé aux populations fragiles (enfants, asthmatiques) et causant des réductions de production aux cultures et aux forêts.

A l'origine de cette augmentation on trouve les précurseurs de l'ozone : oxydes d'azote NO_x produits par les moteurs à combustion interne, feux, méthane CH₄ produit par les ruminants et les milieux humides (dont les rizières), et composés organiques volatils non méthaniques (NMVOC) émis par les activités humaines et aussi de façon naturelle par diverses espèces de plantes dont les chênes et les peupliers). On estime que les pertes de récolte dues à l'ozone seraient de l'ordre de 15 % pour la communauté européenne, représentant une perte économique de 3 milliards d'euros. On a peu de données sur les effets de l'ozone sur les plantes sauvages et les forêts, mais l'ozone paraît de nature à diminuer le rôle de puits de carbone des forêts.

La végétation est la principale source de composés organiques volatils (COV) biogéniques. Or ces sources sont supérieures à celles des COV anthropiques d'un ordre de grandeur. En raison de leur grande réactivité, les COV jouent un rôle important dans la détermination des processus atmosphériques tels que l'aérosol organique secondaire. En présence d'oxydes d'azote anthropiques (NO_x), ils augmentent la formation d'ozone et modifient les concentrations de radicaux hydroxyyles, l'oxydant atmosphérique principal. Ainsi, en modifiant la capacité oxydante de la troposphère ils influencent la composition locale et régionale de l'air en modifiant la durée de vie chimique des gaz réactifs avec des impacts importants sur la végétation et le climat. Les émissions biogènes provenant de la végétation sont spécifiques à l'espèce. L'isoprène et les monoterpènes sont principalement émis de manière « constitutive » en fonction de la lumière, de la température et de la saisonnalité. Les sesquiterpénoïdes, les benzénoïdes et les produits de lipoxgénase volatiles (dits « volatils de feuilles vertes ») sont typiquement induits et émis à partir de feuillages verts après exposition à l'ozone ou aux herbivores. Cependant, malgré le potentiel des terpénoïdes et des benzénoïdes pour influencer la formation d'ozone les flux de VOC biogéniques induits par le stress sont rarement considérés dans le contexte de la chimie atmosphérique. En particulier, l'effet net de facteurs de stress multiples coïncident fréquemment dans la nature, sur le stress induit. Dans les zones urbaines et suburbaines

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

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France.

L'OZONE TROPOSPHERIQUE
Séance du 11 janvier 2017

anthropogéniquement polluées, la végétation peut souffrir deux fois - du dépôt d'ozone et des produits de décomposition de COV produits lors des processus de formation d'ozone.

Que savons-nous de l'action des niveaux accrus d'O₃ sur les arbres et les écosystèmes forestiers ? Apparemment, l'O₃ n'a pas été un « tueur d'arbres » comme cela l'a été supposé dans les années 1980/90 à l'époque du « dépérissement des forêts ». Les effets de l'O₃ sont plus subtils, comme indiqué par la pléthore d'expériences de fumigation d'O₃ en chambres à ciel ouvert au cours du 20^{ème} siècle. Mais, les dispositifs expérimentaux n'étaient pas pertinents d'un point de vue écologique. Plus tard, des données fiables ont été obtenues avec des expériences de fumigation à l'air libre, comme aux États-Unis (AspenFACE), en Allemagne (Forêt de Kranzberg) et en Finlande (Kuopio), et ceci pendant une décennie, ou plus récemment au Japon (Sapporo, Tsukuba), en Italie (Florence) ou actuellement en préparation en Chine (Pékin). Ces expérimentations ont été menées sur des essences pionnières ou de climax, dans des plantations ou des forêts, sans système de chambre à ciel ouvert. Les résultats indiquent que l'augmentation d'O₃ réduit globalement la capacité de puits de carbone des arbres et les capacités de stockage de l'ensemble du système forestier (sol + arbre), avec de nombreux effets indirects sur l'augmentation de la respiration des sols, la productivité des racines fines et la modification des associations mycorhiziennes et microbiennes. Ainsi, les arbres juvéniles et matures sont sensibles à l'O₃, comme cela avait été conclu lors des études en chambre à ciel ouvert, mais les résultats diffèrent par les mécanismes de sensibilité et montrent des rétroactions indirectes qui pourraient accentuer le changement climatique. Il est à noter que l'augmentation chronique de l'O₃ impacte la régulation stomatique et ainsi réduit la transpiration foliaire, ce qui pourrait avoir des conséquences sur le cycle de l'eau à grande échelle. Les effets de l'O₃ sur la production forestière et son impact sur les services écosystémiques rendus par les forêts sont largement inconnus. Les effets de l'O₃ décrits sur de nombreux sites forestiers ou de plantations sont préoccupants, car l'O₃ est distribué dans la basse atmosphère aux échelles transcontinentale et hémisphérique. En outre, les « points chauds » à venir de la formation d'O₃ sont dans les régions tropicales (Amérique du Sud et Afrique centrale, Sud-Est et Est de l'Asie) et également dans le sud de l'Europe (région méditerranéenne). Le pool actuel de carbone atmosphérique pourrait être supérieur de 100 Gt en l'absence de l'impact de O₃ sur le stockage carboné forestier depuis le début du 20^{ème} siècle. De quelles manières ces conclusions dérivées de la modélisation sont-elles conformes avec les observations sur l'accumulation accrue et accélérée de la biomasse forestière, tout du moins en Europe centrale ? Est-ce que l'élimination des précurseurs de l'O₃ augmenterait-elle davantage l'accumulation de biomasse ? Est-ce que les modèles explicatifs tels que ceux utilisés en agriculture peuvent-ils résoudre cette contradiction ?

La réponse des écosystèmes forestiers à l'O₃ est encore vague, étant donné que cette réponse est dépendante de la plasticité des interactions multi-factorielles. En particulier, les interactions biotiques qui sont les moteurs de la réponse des écosystèmes, sont à peine comprises. Des perspectives seront exposées à partir de recherches expérimentales sur le terrain à travers la compréhension mécaniste de l'impact de l'O₃ sur l'écosystème, qui est nécessaire pour aborder les effets de l'O₃ sur le climat et la santé des forêts.

Pour la production agricole et la sécurité alimentaire l'ozone troposphérique représente une menace sérieuse par ses impacts négatifs sur les rendements des principales cultures et sur la qualité des produits. L'ozone agit principalement à l'intérieur des tissus foliaires, vers lesquels il diffuse depuis l'air extérieur à travers les stomates. Les principaux impacts écophysologiques induits par l'ozone sur les plantes sont le stress oxydant, la diminution de la photosynthèse et la réduction de la croissance. L'accumulation de biomasse est réduite, et sa répartition entre les organes peut être modifiée. Même de courts épisodes de pollution à l'ozone peuvent avoir des impacts significatifs en provoquant d'importants dégâts foliaires sur les légumes-feuilles (salade, oignons, épinards), ce qui abaisse fortement leur valeur marchande. Il existe cependant une très large variabilité intra- et inter-spécifique de la sensibilité des cultures à l'ozone. Des cultures comme le blé, le riz ou le soja font partie des espèces très sensibles à ce polluant, alors que l'orge, la pomme de terre ou le maïs sont moins sensibles. Pour estimer les pertes de rendements globales ou régionales dues à l'ozone, on dispose aujourd'hui de relations dose-réponse établies empiriquement pour la plupart des espèces cultivées à partir de données expérimentales. A l'aide de ces outils, on a pu estimer par exemple que le coût des pertes de rendements en grain du blé au cours de l'année 2000 était de l'ordre de 3 milliards d'euros. Malgré les

L'OZONE TROPOSPHERIQUE
Séance du 11 janvier 2017

politiques de réduction de la pollution de l'air par l'ozone mises en place actuellement en Europe, on estime que ces coûts économiques seront encore de l'ordre de 2 milliards d'euros pour le blé en 2020.

.

LES PARCS NATURELS RÉGIONAUX, 50 ANS D'EXPÉRIENCE DE VALORISATION DU PATRIMOINE NATUREL ET CULTUREL D'UN TERRITOIRE

par François COLSON¹

2017 sera l'année du 50e anniversaire de la création des Parcs naturels régionaux (PNR). Ce sera aussi celle choisie par l'ONU comme « l'année internationale du tourisme durable pour le développement ».

Cette séance de l'AAF du mercredi 18 janvier 2017 vise à valoriser l'expérience française des PNR et à engager une réflexion sur les relations entre les démarches de protection du patrimoine naturel et le développement économique de ces territoires.

Depuis leur création par un décret du 1er mars 1967 signé par le général De Gaulle lui-même, cette question de « la relation homme nature » a bien été au cœur même de l'action des Parcs, qui pour s'adapter à la diversité du territoire national, ont tous été l'œuvre d'une initiative et d'une démarche de projet des élus et des acteurs locaux.

Le contexte économique et social a profondément changé depuis les années 60. Aujourd'hui les 51 parcs reconnus avec 4 millions d'habitants représentent 15% du territoire national. Dans le cadre des missions qui leur sont confiées, ils expérimentent et montrent dans leur diversité que la protection de la nature est conciliable avec le développement des activités humaines sur leur territoire.

¹ Membre de l'Académie d'agriculture de France, Directeur de l'Institut national d'horticulture, Directeur de recherche à l'Inra.

LES PARCS NATIONAUX ET LES PARCS NATURELS RÉGIONAUX : LA PROTECTION DE LA NATURE ET DES PAYSAGES EN PERSPECTIVE HISTORIQUE

par Raphaël LARRÈRE¹

Raphaël LARRÈRE préside le conseil scientifique du parc national du Mercantour et membre du conseil scientifique de Parcs nationaux de France et du comité d'orientation de la recherche et de la prospective (CORP) de la Fédération des Parcs Naturels Régionaux de France.

Créés au cœur des « trente glorieuses » du développement économique et au début de l'émergence des préoccupations environnementales, les Parcs Naturels Régionaux (PNR) ont été conçus pour des territoires habités – en opposition aux Parcs nationaux créés pour être des sanctuaires de la nature.

L'aventure des Parcs a commencé dans les années 60 au sein de la Datar, la délégation à l'aménagement du territoire. A l'époque, cette nouvelle structure inter-ministérielle tout juste mise en place est une révolution. Souple, dynamique, alerte, la Délégation décloisonne les champs de compétences. Agriculteurs, aménageurs, ingénieurs, environnementalistes s'y retrouvent pour inventer une nouvelle forme d'aménagement du territoire et trouver une alternative aux Parcs nationaux, réservés à des espaces non habités. Il s'agit d'imaginer un outil qui puisse répondre dans le même temps aux problèmes des grandes métropoles, des milieux naturels sensibles et des régions rurales éloignées. Les Parcs semblent être un début de réponse dans une France encore centralisée

Depuis leur création, par un décret du 1^{er} mars 1967 signé par le général De Gaulle lui-même, cette question de « la relation homme nature » a bien été au cœur même de l'action des Parcs, qui pour s'adapter à la diversité du territoire national, sont tous l'œuvre d'une initiative et d'une démarche de projet des élus et des acteurs locaux.

Raphaël LARRÈRE expliquera l'évolution du cadre juridique des PNR au rythme des politiques et des ministres de l'environnement pour nous permettre de mieux comprendre leur originalité au cœur de la diversité des actions de protection de l'environnement et de promotion du développement durable.

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, Ingénieur agronome et sociologue, ancien directeur de recherche à l'INRA

LES PNR, DES TERRITOIRES EN EXPÉRIENCE DE LA PROTECTION DE LA NATURE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

par Guillaume **DHÉRISSARD**¹

Le contexte a profondément changé depuis les premiers parcs créés à la fin des années 60. Présents aujourd'hui dans toutes les régions, les 51 parcs labellisés regroupent 4 millions d'habitants sur 15% du territoire national.

Les Parcs naturels régionaux ont pour vocation d'asseoir un développement économique et social du territoire, tout en préservant et valorisant le patrimoine naturel, culturel et paysager.

La richesse des Parcs réside dans la transversalité dont ils font preuve, en intégrant les enjeux de biodiversité à leurs projets de territoire. Les cinq missions des Parcs naturels régionaux (article R333-4 du Code de l'Environnement) sont :

- la protection et la gestion du patrimoine naturel, culturel et paysager,
- l'aménagement du territoire,
- le développement économique et social,
- l'accueil, l'éducation et l'information,
- l'expérimentation, l'innovation.

Les caractéristiques moyennes des PNR sont proches de celles de la moyenne des zones rurales françaises. Le suivi de leur activité montre qu'ils mettent bien en œuvre les missions qui leur ont été confiées dans le cadre de leurs chartes pluriannuelles, négociées collectivement et validées par les instances du ministère de l'environnement.

Celles-ci sont négociées, voulues et mises en œuvre par les élus locaux. Les élus des communes du Parc en sont la cheville ouvrière ; les élus régionaux et départementaux en sont les partenaires privilégiés. Les conseils régionaux et conseils généraux sont les principaux financeurs des Parcs naturels régionaux.

En signant volontairement la Charte du Parc, les communes se fixent une règle du jeu commune et témoignent d'une volonté d'exigence vis-à-vis d'eux-mêmes. C'est là la difficulté mais aussi la richesse de la politique et de l'action des Parcs naturels régionaux.

Guillaume DHERISSARD analysera aussi ce qui constitue « la spécificité de l'action des PNR », que certains appellent la « Plus-value Parcs ». Dans la diversité de leur patrimoine naturel et culturel ils expérimentent un développement des activités humaines privilégiant les ressources de leur territoire et une gestion des espaces protégeant la biodiversité.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, agronome de formation et actuellement directeur du Think-Tank *Sol et Civilisation*.

LE RÉSEAU DES PNR, UNE RÉFÉRENCE À L'INTERNATIONAL DE LA DÉMARCHE PARTICIPATIVE POUR CONCILIER PROTECTION DU PATRIMOINE NATUREL ET DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE

par Pierre WEICK¹

2017 étant choisie par l'ONU comme « Année internationale du tourisme durable pour le développement », il faut replacer l'expérience des PNR dans un contexte international. La présentation des activités du réseau des parcs en Europe et à l'international permet de souligner la spécificité de l'expérience française et de faire une mise en perspective des enjeux de leur avenir.

Les Parcs ne font pas qu'échanger entre eux. Ils s'enrichissent aussi des pratiques du monde entier. Depuis sa création, la mission internationale de la Fédération s'appuie sur les experts des Parcs, et les Parcs eux-mêmes parcourent le monde pour faire connaître le concept de "Parc naturel régional" à la française. Des élus et des spécialistes échangent ainsi leurs expériences sur tous les continents, du Mexique au Chili en passant par l'Argentine et l'Uruguay, du Maroc à Madagascar, du Liban au Japon en passant par la Chine et le Vietnam, pour aider les collectivités à adapter "l'idée Parc" au contexte de leur pays.

Orientations du réseau en matière de coopération

La stratégie de coopération européenne et internationale de la Fédération et du réseau des Parcs naturels régionaux vise à améliorer la protection de l'environnement et le développement à la fois économique, social et culturel des Parcs et des territoires qui partagent leurs valeurs à l'étranger.

Cette coopération privilégie les valeurs de solidarité et de réciprocité : elle repose sur la coconstruction, les partenariats, le dialogue et la mutualisation ainsi que sur le dynamisme et le rayonnement des territoires.

État des lieux des Parcs dans le monde

La démarche "Parc naturel régional" est de plus en plus connue et reconnue à l'étranger, et l'expertise et le savoir-faire des Parcs développés sur leur territoire et à l'international intéressent fortement les Régions et les Départements pour leurs coopérations décentralisées.

Les partenaires étrangers s'intéressent aux spécificités des Parcs : parc habité, approche intégrée visant à préserver la nature tout en améliorant les conditions de vie, gouvernance participative, charte de territoire, marque « Parc », gestion concertée des ressources et des activités...

L'expertise internationale de la Fédération et du réseau des Parcs en matière d'« Approche intégrée et concertée de développement durable des territoires ruraux » est officiellement reconnue par le ministère en charge des Affaires étrangères à travers son label PACT2 depuis octobre 2013. Par ailleurs, deux partenariats stratégiques ont été conclus fin 2012 avec le Ministère et l'Agence française de développement.

Aujourd'hui, la moitié des PNR participent à l'accueil de délégations et plus d'un tiers mènent des missions d'experts ou une coopération territoriale.

¹ Directeur de la Fédération des PNR de France.

Synthèse de la séance PNR organisée par François COLSON

par Nadine **VIVIER**¹

2017 est l'année du 50^e anniversaire de la création des Parcs naturels régionaux (PNR). Elle est choisie par l'ONU comme « l'année internationale du tourisme durable pour le développement ».

Cette séance de l'AAF du mercredi 18 janvier 2017 vise à valoriser l'expérience française des PNR et à engager une réflexion sur les relations entre les démarches de protection du patrimoine naturel et le développement économique de ces territoires.

Depuis leur création par un décret du 1^{er} mars 1967 signé par le général De Gaulle lui-même, cette question de « la relation homme nature » a bien été au cœur même de l'action des Parcs, qui pour s'adapter à la diversité du territoire national, ont tous été l'œuvre d'une initiative et d'une démarche de projet des élus et des acteurs locaux.

Le contexte économique et social a profondément changé depuis les années 60. Aujourd'hui les 51 parcs reconnus avec 4 millions d'habitants représentent 15% du territoire national. Dans le cadre des missions qui leur sont confiées, ils expérimentent et montrent dans leur diversité que la protection de la nature est conciliable avec le développement des activités humaines sur leur territoire.

La séance a mis en lumière la nouveauté et la créativité des parcs tout au long de ce demi-siècle où ils ont attiré l'attention sur les grands problèmes et répondu aux interrogations de la société sur les relations homme-nature, l'agro-écologie. Ils ont ainsi su s'adapter à l'évolution de la société. Chacun des 51 PNR veut développer un territoire d'exception grâce à une charte négociée entre élus locaux et ayant obtenu une reconnaissance nationale. Ils ont su concilier protection de la nature et maintien de petites régions rurales bien vivantes économiquement, le tourisme durable étant une de ces ressources. Ils sont des médiateurs, des éducateurs et des facilitateurs qui expérimentent de multiples micro-actions proposées par des équipes spécialisées en concertation avec les habitants. Leur slogan « Une autre vie s'invente ici » résume ces qualités de créativité.

Certes les enjeux d'avenir sont de taille. Comment garder cette longueur d'avance qui fut la leur ? Le désir des régions qu'ils deviennent des techniciens au service de la biodiversité ne réduirait-il pas leurs missions ? Leur mode de gouvernance fondé sur la démocratie participative continuera-t-elle à être un atout ? Les débats à l'occasion des manifestations du cinquantenaire des PNR permettront peut-être de répondre à ces interrogations pour consolider et amplifier leur action largement reconnue à l'international.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur des Universités, Professeur d'histoire contemporaine, Université du Maine, Faculté des lettres et sciences humaines.

ROBOTISATION EN AGRICULTURE : ÉTATS DES LIEUX ET ÉVOLUTION

Introduction à la séance « ROBOTIQUE EN AGRICOLE »

par René AUTELETT¹

Bonjour à toutes et à tous,

Par cette séance « Robotique », nous avons voulu faire le point des solutions existantes et leur évolution probable. Nous avons volontairement limité le sujet aux productions végétales. Les productions animales méritent elles aussi une séance à part entière, à programmer très prochainement.

Que sont devenus les premiers robots de nos années 80 ? Gilbert **GRENIER**, Professeur d'Automatique à Bordeaux Sciences Agro, nous en fera l'historique. Je pense en particulier au « Robolabour », opérationnel à cette époque. Œuvre de Jean **LUCAS**, alors directeur de recherche au CEMAGREF d'Antony, ce robot lui servait d'exemple « vivant » pour illustrer sa théorie de la « conduite en troupeaux » : six robots deux corps remplacent une très lourde charrue 12 corps, leur petite motorisation de grande série à faible coût évite le gros tracteur surpuissant. Leur poids très faible rend inutiles de coûteux systèmes de sécurité non-stop, et leur capacité à revenir rapidement en début de raie évite les systèmes de retournement, également très coûteux. Toutes ces économies étaient censées compenser largement le coût de la robotique embarquée.

Cette vision futuriste, que nous partagions avec notre confrère et ami Jean-Bernard **MONTALESCOT**, s'accorde bien avec la préservation des paysages et de l'espace rural : plus besoin d'agrandir les parcelles, abattre les haies et araser les chemins creux. La relocalisation de l'activité industrielle est un corollaire de ce concept. Un artisan local ou constructeur moyen peut construire et entretenir ces petits équipements simplifiés, la robotique embarquée étant l'œuvre d'un spécialiste industriel. Nous en connaissons des exemples concrets.

Alors, se dirige-t-on vers la « conduite en troupeaux » ? Nous avons d'ores et déjà décerné une médaille d'Argent à la thèse d'Audrey **GUILLET**, sur la conduite des tracteurs en formation. Elle nous parlera des enjeux de l'automatisation pour les tracteurs de demain. Un éclairage inédit nous interpelle avec le Palmarès du prochain SIMA 2017 : deux médailles d'argent pour des tracteurs autonomes de forte puissance. Cela nous rappelle qu'il faut également penser au parc de machines en service...

Nous verrons de belles réalisations lors des interventions d'acteurs de la profession en milieu de séance :

- Gaëtan **SEVERAC** (Naïo Technologies) nous présentera la gamme de robot Naïo : Oz et Dino pour le maraîchage et les grandes cultures légumières, Bob et Ted pour les vignes.
- Cédric **TESSIER** (Effidence) le « Baudet Rob » et autres réalisations.
- Xavier **DAVID BEAULIEU** (Vitirover) : le robot de tonte en enherbement permanent

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

Michel **BERDUCAT** d'IRSTEA nous exposera les axes de recherche, les défis et challenges à relever. Sa présentation sera complétée par Frédéric **COLLEDANI** du CEA sur les évolutions actuelles de la robotique industrielle et les possibilités de déclinaisons dans l'agriculture.

Je tiens à saluer également la présence dans cette salle de Salah **SUKKARIEH**, Professeure à l'Université de Sidney et spécialiste de la robotique agricole, et de Ludovic **VIMOND** du Groupe Réussir, acteur important de la séance robotique à l'Académie en date du 17 décembre 2014.

Je laisserai le soin de conclure à notre confrère Jean-François **COLOMER**, qui aura la lourde tâche de synthétiser tous ces apports.

ROBOTIQUE AGRICOLE : RETOUR VERS LE FUTUR !

par Gilbert **GRENIER**¹

Les travaux de recherche en matière de Robotique Agricole ont connu un "âge d'or" durant la première moitié des années 80, période durant laquelle les financements publics - décidés suite au Sommet de Versailles du G7 en 1982 - ont été abondants.

En France, ces travaux ont été essentiellement le fait du CEMAGREF (*Antony, Montpellier et Rennes*) et de laboratoires Bordelais (LARFRA et ENSAM). Le plus emblématique des robots développés durant cette période a été le robot Magali (*et son "petit frère" Citrus*).

De nombreux principes de base de la robotique agricole ont été définis dès cette époque, et ils sont toujours d'actualité. Une présentation de quelques-uns de ces robots permettra de revenir sur ces principes, et de comprendre pourquoi beaucoup de ces projets n'ont pas pu être industrialisés, alors que d'autres l'ont été.

L'exposé fera ensuite une présentation de l'état de l'art, tant au niveau des projets actuels que des réalisations déjà commercialisées. Cette présentation brossera une typologie des axes possibles de développement de la Robotique Agricole, et montrera en particulier les interactions fortes qu'il est indispensable de conserver entre Robotique et Agronomie.

ROBOTIQUE AGRICOLE : DES OPPORTUNITÉS MAIS DE NOMBREUX CHALLENGES À RELEVER

par Michel **BERDUCAT**¹

Le développement de la robotique agricole constitue une des recommandations de la Mission « Innovation Agriculture 2025 » réalisée à la demande de plusieurs ministères et présentée fin 2015-début 2016. La robotique constitue en effet une voie technologique de rupture pour permettre le changement des pratiques agricoles conciliant les dimensions économiques, sociale et environnementale. A partir de premiers exemples de développements réalisés majoritairement en Europe, la présentation s'attachera à souligner ces opportunités tout en insistant sur de nombreux challenges restant à relever par tous les acteurs des différentes chaînes de la valeur concernées (technologiques, agronomiques) pour répondre aux besoins concrets des utilisateurs finaux. Dans le cas des productions végétales, une structuration en trois niveaux de complexité des opérations agricoles par rapport à l'introduction de systèmes robotisés sera donnée afin de faciliter la compréhension des verrous scientifiques et technologiques à résoudre. En fin d'exposé un rapide focus sera fait sur l'initiative lancée fin 2016 visant à organiser et construire dans le cadre d'un Partenariat Public-Privé la plateforme mutualisée nationale RobAgri permettant l'accélération des développements robotiques pour l'Agriculture.

¹ Professeur d'Automatique et Génie des Equipements - Bordeaux Sciences Agro.

¹ Ingénieur de Recherche – Directeur Adjoint de l'Unité de Recherche « Technologies et Systèmes d'Information pour les Agrosystèmes » - IRSTEA – Centre de Clermont-Ferrand.

CONCLUSION SÉANCE ROBOTISATION

par Jean-François COLOMER¹

Christian PEES, invité de notre compagnie, le 4 janvier dernier lors de notre séance solennelle de rentrée, nous a souligné les énormes opportunités de la révolution numérique et nous a invités à réfléchir à « quel type d'agriculteurs demain ? ». Il nous a aussi indiqué que les coopératives agricoles allaient devoir proposer demain des itinéraires agronomiques plutôt que des agrofournitures.

L'année 2016, de l'avis de nombreux experts, a été l'année où les robots sont devenus opérationnels grâce à la levée de nombreux points de blocage nous a dit Gilbert Grenier dans son intervention. Pour la Fédération nationale de la robotique, dans les années à venir ce sont 150 000 robots à usage professionnel qui vont être installés surtout dans les secteurs de la Défense, de la Santé, de la Logistique et de l'Agriculture.

Nous avons vu cet après-midi que le numérique est devenu, ou va devenir, omniprésent en agriculture, un secteur qui pourrait prochainement devenir le second marché mondial de la robotique de service à usage professionnel.

La présentation de matériels par nos industriels invités n'est pas sans faire penser aux manifestations patronnées par notre académie à la fin du XIX^{ème} et au début du XX^{ème} siècle pour accompagner l'essor de la motorisation et de la mécanisation des exploitations agricoles.

Faut-il pour autant anticiper une agriculture sans agriculteur comme le laisserait penser la ferme de laitues entièrement automatisée au Japon. L'arrivée des robots ne sera pas sans conséquences, dans un premier temps, sur l'emploi. Le Conseil d'orientation pour l'emploi vient d'estimer que l'automatisation et la numérisation vont menacer directement 80 000 emplois en agriculture, surtout dans les secteurs du maraîchage, de la viticulture, du jardinage et du bucheronnage. Au total ce sont 250 000 emplois agricoles qu'il va falloir faire évoluer et cela représente un sacré challenge pour la prochaine décennie.

Cette séance est donc la bienvenue, à quelques semaines du SIMA 2017, la véritable vitrine des nouvelles technologies des agroéquipements et pour le pilotage des entreprises agricoles. Une délégation de l'Académie en fera d'ailleurs une visite commentée le 2 mars prochain.

Cela nous conduit donc à nous poser trois grands types de questions :

- 1- Les données du BIG DATA et du CLOUD avec la numérisation de l'agriculture ou l'agriculture mesurée selon l'expression de Gilbert Grenier vont-elles représenter un plus pour l'agriculture et son environnement ? Ces agriculteurs « super actifs » selon l'expression d'Audrey Guillet vont devoir intégrer et traiter les données fournies par les robots avec la géolocalisation des données. Comment sera assurée la protection de ces références faudra-t-il créer des portails dédiés ? mutualiser les données, leur donner une valeur, voire les rémunérer lors du partage des informations. En tous cas on assiste à une floraison de « Start up » dans tous ces domaines.
- 2- Comment améliorer les relations entre recherche fondamentale (en charge de la levée des verrous scientifiques) et la recherche appliquée (les inventeurs de robots). La plateforme ROBAGRI présentée par Michel Berducat entre l'IRSTEA et les entreprises est une bonne initiative, mais il faudra aller plus loin en y intégrant l'approche agronomique nous a dit Gilbert Grenier. Le conseil sur le terrain va devoir évoluer avec en arrière-plan la nécessité de lever de nombreux freins...y compris psychologiques chez les différents acteurs...et surtout, on l'a vu, aller jusqu'à penser les matériels différemment.

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

- 3- Il conviendra aussi de clarifier tous les aspects réglementaires liés à ces nouvelles technologies. On l'a déjà vu avec les drones. Mais lâcher un tracteur ou une voiture sur la route sans présence humaine n'est sans doute pas compatible aujourd'hui avec le « devoir de précaution ». Encore faudra-il bien distinguer la famille des automates de celle des robots. Tout cela ouvre un large champ de procédure de certification, de normalisation, de traçabilité...sans oublier les problématiques éthiques.

La robotisation va nous conduire à réviser notre rapport au travail avec l'avènement de l'«HOMO ARTIFICIALIS » évoqué dans le dernier livre du professeur Guy VALLENCIEN « Plaidoyer pour un humanisme numérique ». Il estime que les technologies computationnelles vont aider les humains mais vont également les inquiéter par leur impressionnante puissance, et par leur intrusion dans la vie de tous les jours. Il les qualifie d'« étrange univers qui s'ouvre à nous dans lequel la mécanique, l'électronique et le digital rejoignent les biotechnologies sans savoir si l'objectif ultime est la cohabitation avec l'homme ou de le terrasser ». Et il ajoute : c'est le changement le plus radical et le plus rapide auquel l'humanité ait jamais été confrontée ». D'où la nécessité de raisonner en permanence, comme l'ont montré nos invités, en avantage et inconvénients des machines et sans oublier que l'homme sera toujours un cran au-dessus du robot... en termes de créativité et de prise de risque.

C'est pourquoi la grande leçon d'une approche intelligente de la numérisation de l'agriculture dans les domaines scientifiques comme les nôtres, qui se soucient du « Comment », devront aussi donner un « Sens » à ces bouleversements auxquels nous allons être confrontés, autrement dit répondre avec toutes les parties concernées, y compris le citoyen consommateur, au « Pour quoi ». Tel était l'ambition de cette première séance de l'Académie d'Agriculture de France qui sera suivie prochainement d'une seconde consacrée à la robotisation dans l'élevage.

LE BIOCONTRÔLE EN PROTECTION DES CULTURES

INTRODUCTION

par Jean-Louis **BERNARD**¹

Les concepts d'*agriculture écologiquement intensive* ou d'*agroécologie* font largement appel pour protéger les cultures à des moyens inspirés de la nature dont l'utilisation est présentée comme moins perturbante pour le milieu et la santé des personnes que les moyens de protection les plus couramment utilisés. Pour qualifier ce choix, on utilise souvent le terme générique de *biocontrôle*, un abrégé de l'anglo-américain « *biological control* » dont la compréhension est loin d'être partagée. Selon les auteurs, les moyens d'action qui y sont rangés varient, ce qui fait débat dans les filières agricoles et même parmi les spécialistes de la protection des cultures. Pour ces raisons au moins, il était très souhaitable de tenter un effort de clarification.

En France, cette notion de biocontrôle a été proposée par un rapport parlementaire en 2011, inscrite dans la Loi d'Avenir de 2014 puis insérée dans le Code Rural en 2016. Tous ces textes s'attachent cependant davantage aux « *produits de biocontrôle* » plutôt qu'à une véritable mise en perspective de ce qu'est « *le biocontrôle* ». De fait, la vision hexagonale du sujet ne correspond pas à ce qu'est le biocontrôle aux Etats-Unis par exemple, pays auquel le terme semble pourtant avoir été emprunté.

Pour toutes ces raisons, un groupe de travail de l'Académie d'agriculture s'est efforcé de réfléchir à la nature même du biocontrôle, de suggérer une définition cohérente avec ses objectifs, de vérifier l'état de ses actuelles ressources, de mesurer l'étendue de ses applications pratiques et d'imaginer l'avenir de ce que nous entendons par biocontrôle.

Ces travaux seront aujourd'hui illustrés par trois des académiciens ayant contribué à cette mise au point.

Catherine REGNAULT-ROGER (section I) nous livrera tout d'abord son exposé relatif aux *composés sémiochimiques*, l'un des vastes compartiments de produits de biocontrôle qui, exploré de longue date, a fourni des retombées nombreuses en matière de protection des cultures.

Ensuite, c'est Claude ALABOUVETTE (section VI) qui nous parlera des *microorganismes en protection des plantes*, un domaine foisonnant de la recherche dont les développements sont susceptibles d'apporter d'immenses innovations à l'agriculture dans son ensemble.

Enfin, Bernard AMBOLET (section IX) nous ramènera vers *le biocontrôle au présent à l'épreuve du terrain* pour évoquer les réussites d'aujourd'hui, les échecs constatés, les freins ressentis et les moyens de les lever.

Après notre discussion, la conclusion de cette séance sera dressée par notre confrère Jean-Claude PERNOLLET (section VI), lui aussi membre du groupe de travail.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Section IX, Animateur du Groupe de travail.

LES COMPOSÉS SÉMIOCHIMIQUES : FACTEURS INCONTOURNABLES DU BIOCONTRÔLE

par Catherine **REGNAULT-ROGER**¹

C'est avec l'essor d'une discipline nouvelle, l'Écologie chimique, que l'on a mieux compris la communication au sein d'une même espèce et entre les espèces au moyen de médiateurs chimiques.

Whittaker et Feeny définirent en 1971 le concept de composés sémiouchimiques. Ce sont des composés chimiques, synthétisés par des organismes qui affectent la physiologie ou le comportement d'autres organismes sans impliquer de phénomènes nutritionnels au sein d'une espèce (relations intraspécifiques : phéromones) ou entre espèces (relations interspécifiques : molécules allélochimiques). Celles-ci furent classées en deux grandes catégories, les allomones (qui bénéficient à l'organisme émetteur, et les kairomones qui bénéficient à l'organisme receveur.

C'est très tôt que des méthodes de contrôle des bioagresseurs des cultures basées sur les propriétés de ces molécules, phéromones ou molécules allélochimiques volatiles et non volatiles issues du métabolisme secondaire des plantes, furent explorées.

LES PHÉROMONES

Les phéromones ont été largement étudiées chez les insectes sociaux (termites, fourmis, abeilles). Leur utilisation en biocontrôle repose sur des molécules de synthèse mimant le bouquet phéromonal qui sont utilisées car les quantités de phéromones qui peuvent être extraites des insectes sont insuffisantes. Le piégeage est la technique de choix pour les phéromones.

Le dépôt de ces pièges en champ relève de trois stratégies aux objectifs différents :

- *le dépistage et la surveillance des ravageurs*. Les phéromones mises dans des pièges attirent les individus de l'espèce, ce qui permet de constater la présence du ravageur dans la parcelle et d'évaluer la densité du ravageur en champ.
- *la confusion sexuelle*. Cette technique vise à empêcher l'accouplement du ravageur et donc à diminuer la reproduction du ravageur en saturant l'atmosphère de phéromones sexuelles femelles qui diffusent des pièges posés à intervalles réguliers. Les récepteurs sensoriels des mâles sont stimulés en permanence. Ils ne sont plus aptes à distinguer le signal d'une femelle de celui du leurre.
- *la capture de masse ou technique attract and kill*. Une association phéromone/ insecticide attire l'insecte vers le piège où il subit la toxicité de l'insecticide.

La mise en œuvre du biocontrôle par les phéromones rencontre aujourd'hui trois défis : la qualité du bouquet phéromonal dans la formulation, le degré de motivation des agriculteurs et le coût du traitement.

Les allomones végétales

La défense des plantes contre leurs bioagresseurs met en jeu des allomones. Elles agissent sur une large diversité d'espèces : insectes, nématodes, micro-organismes phytopathogènes (champignons et bactéries), ainsi que les plantes d'autres espèces (allélopathie).

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur des Universités émérite à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. Membre correspondant de l'Académie nationale de Pharmacie.

Les allomones végétales sont, dans leur grande majorité, synthétisées dans le métabolisme secondaire des plantes. Elles appartiennent, de fait, à un nombre limité de familles chimiques : les alcaloïdes et composés azotés, les plus abondants, suivis des phénylpropanoïdes et substances phénoliques, notamment les flavonoïdes, et les terpénoïdes et stéroïdes. Ces molécules sont impliquées dans de très nombreuses relations interspécifiques.

Plusieurs facteurs limitent cette stratégie phytosanitaire pour la protection des cultures :

- l'hétérogénéité des extraits végétaux
- le degré de purification des allomones extraites
- la variabilité de la sensibilité des espèces à une allomone.

Egalement en matière de commercialisation :

- l'exigence d'innocuité pour les espèces non-cible
- le respect des bonnes pratiques agricoles et phytopharmaceutiques
- la disponibilité de la ressource
- les qualités et efficacités de la formulation mise sur le marché
- le prix de revient du produit
- une réglementation adaptée et cohérente

En conclusion, on soulignera qu'il existe un long chemin entre l'observation d'une propriété d'intérêt d'un composé sémiochimique et son application dans le domaine phytopharmaceutique. La nature même de ces molécules les inscrit dans une démarche de biocontrôle. Le développement en toute cohérence de ces produits phytopharmaceutiques nécessite de poursuivre une démarche méthodologique scientifique rigoureuse, s'appuyant sur l'avancée des connaissances dans le domaine des relations interspécifiques et trophiques plantes-bioagresseurs afin de promouvoir une agriculture agro-écologique, scientifique et technologique. Cela suppose d'appuyer les recherches dans le domaine de l'Écologie chimique mais également d'encourager les progrès technologiques réalisés notamment par l'agro-industrie.

LES MICROORGANISMES EN PROTECTION DES PLANTES

par Claude ALABOUVETTE¹

Les microorganismes, agents de lutte biologique, font clairement partie des moyens de biocontrôle et cela quelle que soit la définition du biocontrôle à laquelle il est fait référence. L'usage des microorganismes, considérés comme des produits de protection des plantes, est régi par le règlement européen 1107/2009 qui donne une définition des microorganismes : « toute entité microbiologique, y compris les champignons inférieurs et les virus, cellulaires ou non, capables de se répliquer ou de transférer du matériel génétique ». Concrètement, les produits de biocontrôle actuellement disponibles sur le marché contiennent des substances actives à base de virus, bactéries, champignons ou oomycètes.

Ces microorganismes sont utilisés aussi bien pour lutter contre des insectes ravageurs des cultures que contre des maladies cryptogamiques, bactériennes ou virales.

Si les phénomènes d'antagonisme entre populations microbiennes sont connus depuis longtemps, ce sont les bactéries entomopathogènes appartenant à l'espèce *Bacillus thuringiensis* qui ont fait l'objet des premiers développements commerciaux. Et c'est également pour lutter contre des insectes ravageurs qu'ont été développées les premières préparations à base de Baculovirus. Ces virus, qui sont strictement inféodés aux

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

arthropodes, ne présentent donc pas de danger pour les vertébrés. Aujourd'hui il existe également des préparations à base de champignons entomopathogènes pour lutter contre divers ravageurs des cultures. Les produits de biocontrôle destinés à lutter contre les maladies sont apparus sur le marché beaucoup plus récemment, ils sont également constitués de champignons, de bactéries ou de virus.

Les modes d'actions des microorganismes de biocontrôle commencent à être bien connus. Ils font appel d'une part à des interactions directes entre l'agent de lutte et sa cible et d'autre part à des interactions indirectes mettant en œuvre les mécanismes de défense des plantes. Si classiquement, les modes d'action directs étaient divisés en trois catégories : compétition, parasitisme et antibiose, ce n'est plus le cas aujourd'hui car il est démontré que des métabolites secondaires, de nature très diverse, jouent un rôle prépondérant aussi bien dans les interactions directes que dans les interactions indirectes et contribuent grandement à l'efficacité des agents de biocontrôle. Il est à noter que certains laboratoires envisagent aujourd'hui d'utiliser non plus les agents de biocontrôle eux-mêmes, mais uniquement certains de leurs métabolites secondaires comme moyens de lutte.

Il faut signaler la disparité qui existe entre le grand nombre de microorganismes de biocontrôle ayant fait l'objet de publications scientifiques et le petit nombre de spécialités disponibles sur le marché. Les difficultés rencontrées pour produire et formuler de manière économiquement acceptable les microorganismes constituent un premier frein au développement de ces produits microbiens, dont l'efficacité est encore trop souvent aléatoire. En effet, après application dans les cultures, les microorganismes de biocontrôle sont soumis à un ensemble de contraintes biotiques et abiotiques qui conditionnent leur installation et l'expression des mécanismes de biocontrôle. Nos connaissances dans le domaine de l'écologie et en particulier de l'écologie microbienne, sont encore beaucoup trop fragmentaires pour que nous soyons en mesure de définir les conditions indispensables au succès d'une inoculation microbienne appliquée sur les plantes et le plus souvent au sol. Une approche alternative à l'inoculation de microorganismes sélectionnés, proposée il y a plus de 50 ans, fait sa réapparition. Elle consiste à favoriser par des moyens agro-écologiques les microorganismes utiles qui préexistent dans les sols et l'environnement. Ces deux approches sont d'ailleurs complémentaires plutôt qu'incompatibles.

Il est enfin intéressant de souligner que s'il existe peu de produits phytosanitaires à base de microorganismes, le marché est riche en produits de stimulation de croissance à base de champignons ou de bactéries. Comme ces microorganismes de biocontrôle ou de stimulation de croissance appartiennent le plus souvent aux mêmes espèces et partagent un grand nombre de propriétés et de modes d'action, ce sont les contraintes réglementaires, beaucoup plus strictes dans le cas des microorganismes de biocontrôle, qui expliquent cette différence quant au nombre de préparations microbiennes mises sur le marché en tant que « biostimulants » ou « agents de biocontrôle ».

LE BIOCONTRÔLE AU PRÉSENT À L'ÉPREUVE DU TERRAIN

par Bernard AMBOLET¹

L'adoption du biocontrôle par les agriculteurs dans les systèmes de production a largement suivi celle du déploiement sur le terrain de la protection intégrée. Comme elle, son développement a été plus rapide et plus engagé dans les productions sous abris et diverses cultures pérennes.

Sur le terrain les premières réussites dans la mise en œuvre du biocontrôle ont été possibles dès les années 1980 en **production maraichères sous abri**, milieu plus ou moins « confiné » et maîtrisé. Ainsi, la gestion des ravageurs dans les tomates de serre avec des lâchers d'auxiliaires tels que les punaises du genre

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, ancien Directeur des affaires scientifiques chez Bayer CropSciences France.

Macrolophus et des hyménoptères parasitoïdes du genre *Encarsia* pour lutter contre les aleurodes s'est traduit par l'abandon des traitements insecticides. En parallèle, le producteur de tomate a disposé de variétés tolérantes ou résistantes à certains bio-agresseurs tels que des champignons pathogènes (*Fusarium sp*, *Verticillium dahliae*...), des virus (*ToMV*) ou encore des nématodes (*Meloidogyne sp*).

Sur les **cultures pérennes**, viticulture et arboriculture fruitière, l'approche de la protection intégrée a ouvert également une place de choix pour le biocontrôle. C'est ainsi que le choix du végétal cultivé adapté, soit en utilisant un porte greffe ad hoc, soit en choisissant une variété résistante ou du moins tolérante, a été source de succès. C'est le cas bien connu du recours au greffage des vignes européennes ou la mise au point de variétés de pommier résistantes à la tavelure qui permet de réduire significativement le nombre de traitements fongicides. Le verger français développe également des aménagements qui favorisent les insectes auxiliaires, comme les haies composites en bord de parcelles qui aident à maîtriser certains ravageurs comme le psylle du poirier ou les acariens phytophages. L'emploi des médiateurs chimiques est également très répandu en cultures pérennes et les microorganismes (*Bacillus thuringiensis*, *virus de la granulose*) sont des moyens de lutte complémentaires très utilisés en arboriculture.

Sur les grandes cultures, le biocontrôle n'est pas absent, même si les succès enregistrés sont moins nombreux. La génétique y tient une place centrale, avec l'amélioration continue des espèces végétales qui permet à l'agriculteur de disposer d'une palette de variétés inscrites au catalogue contribuant à minimiser les risques biotiques et abiotiques. Le recours à des macroorganismes repose sur les lâchers inondatifs d'une micro-guêpe (*Trichogramma brassicae*) sur maïs pour lutter contre la pyrale. L'utilisation de microorganismes est illustrée par le succès du Contans® (*Coniothyrium minitans*) qui réduit les infestations primaires de sclérotiniose sur le colza ou le tournesol. Ici aussi, l'aménagement des abords de parcelles (haies, zones enherbées...) favorise les auxiliaires généralistes.

Si ces exemples démontrent que des composantes du biocontrôle telles que définies par le groupe de travail de l'Académie d'agriculture font déjà partie intégrante des outils mis en œuvre par les agriculteurs, plusieurs facteurs ont entravé son développement.

En tout premier lieu, le manque de connaissances globales en termes du fonctionnement des agro-écosystèmes est un frein à l'utilisation des ressources disponibles au niveau de l'exploitation agricole. Comment organiser et structurer le paysage afin d'exploiter au mieux les ressources naturelles quand on connaît encore si mal les chaînes trophiques ?

De même les « surpromesses » de certains acteurs lors de l'introduction de diverses innovations et le manque d'information sur leurs limites ont engendré des déceptions chez les utilisateurs et condamné certains outils. Une meilleure évaluation des agents proposés en préalable à leur utilisation apparaît indispensable.

D'autres limites résident dans la durabilité des solutions proposées. C'est par exemple le cas du contournement de la résistance variétale à différents pathogènes ou la perte d'efficacité des insecticides biologiques trop souvent utilisés. C'est encore le cas de la remise en cause totale des itinéraires de protection lors de l'introduction de nouveaux bio-agresseurs ou le retour de certains prédateurs émergents suite à la disparition des méthodes de protection classiques au profit du biocontrôle.

Certains domaines de la protection des cultures sont orphelins en termes de biocontrôle : le désherbage dans la plupart des cultures en est l'exemple le plus criant.

Enfin ne négligeons pas les composantes économiques et organisationnelles de la mise en œuvre du biocontrôle. L'agriculteur n'est pas en mesure de choisir des méthodes de protection trop coûteuses en temps ou en argent qu'il ne pourrait pas valoriser au travers de ses productions. Il en est de même pour les acteurs de la filière de mise en marché où des contraintes de stockage ou de délai d'utilisation ne sont pas sans engendrer des réticences légitimes.

CONCLUSION

par Jean-Claude PERNOLLET¹

A / Réflexions générales

1. Bien des points n'ont pas été abordés qui mériteraient plus ample discussion, mais, comme l'ont montré les très nombreuses questions à l'issu des exposés, on peut constater que le biocontrôle est un **concept qui suscite beaucoup d'intérêt**, mais aussi qu'il repose sur des **confusions sémantiques**.
En effet, contrairement à ce qu'il peut suggérer, ce terme ne recoupe pas celui d'**agriculture biologique**, bien qu'il semble indiquer implicitement un recours au 'naturel'. D'autant plus que l'**environnement légal** du biocontrôle ne se départit pas d'une **idéologie peu réaliste et parfois incohérente**.
Par **exemple**, comme vous l'avez entendu, l'acceptation indispensable de la **synthèse chimique pour obtenir des phéromones** ne s'accompagne pas de l'autorisation des améliorations et optimisations moléculaires qui pourraient être très favorables à l'instar de ce qui se pratique en médecine humaine.
Le refus de principe des **plantes génétiquement modifiées**, qui peuvent offrir des solutions très efficaces pour l'environnement, ne laisse rien présager de bon pour l'utilisation des **nouvelles biotechnologies**. Leur efficacité, leur coût et la rapidité de mise en œuvre sont de sérieux atouts notamment pour **lutter contre les vecteurs** des maladies et des parasites, à l'instar de ce qui se pratique en médecine humaine à l'encontre des moustiques.
2. Deuxième point à souligner : le biocontrôle s'appuie sur une **science intégrative** demandant des connaissances multidisciplinaires très étendues, difficile à coordonner. Cette prise en compte simultanée de plusieurs acteurs vivants aboutit la plupart du temps à **une solution spécifique** contre **un parasite unique**, un **pathogène unique** ou un **ravageur unique**.
Ces solutions **particulières** sont nécessairement **plus onéreuses** que des méthodes plus générales.
Cette **complexité** importante explique ainsi le **nombre encore limité de succès**, et **implique des recherches d'ampleur**, tant fondamentales qu'appliquées.
Elle s'avère en outre responsable de la **technicité accrue** pour la mise en œuvre du biocontrôle, laquelle repose sur la **formation** des acteurs impliqués.
3. **Par essence, depuis l'aube des temps biologiques**, l'évolution n'a cessé d'utiliser contournements et résistances. En biologie, quels que soient les moyens de lutte envisagés, qu'ils soient « naturels » ou artificiels, il n'y a, il n'y aura jamais **de solution définitive**. Le biocontrôle qui repose sur des processus biologiques n'échappe donc ni au **contournement**, ni à l'**apparition de résistances**.
En outre, des **effets secondaires néfastes imprévisibles** ne peuvent être écartés *a priori*, de sorte que, pour reprendre les mots d'un ancien directeur scientifique de l'Inra, s'il est un domaine où il convient d'**appliquer le principe de précaution avec rigueur** c'est bien lorsque l'on introduit un nouvel acteur biologique dans un écosystème, car les résultats peuvent parfois s'avérer paradoxaux, voire délétères.
4. La **nouvelle législation est très favorable au biocontrôle**, mais ne le dispense pas totalement des **autorisations de mise sur le marché**. Or, en dépit des efforts de simplification (absence d'évaluation « publique » préalable à la vente comme cela a été le cas pour les produits classiques durant plus de 40 ans), le **coût** de ces tests demeure conséquent, ce qui tend à écartier *ipso facto* les plus petites entreprises pour raisons économiques. C'est un phénomène bien connu pour avoir induit des concentrations massives d'entreprises dans le domaine des semences et, notamment, des plantes génétiquement modifiées.

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

B / Perspectives de développement du biocontrôle, sous l'angle des freins et des espoirs qu'il suscite.

1. **Parmi les éléments susceptibles de faciliter l'extension des méthodes de biocontrôle**, la **protection intégrée des cultures** a été rendue obligatoire en Europe depuis le 1^{er} janvier 2014. Mais **réduire la défense des cultures au seul biocontrôle serait imprudent** pour garantir une protection durable. Face aux réalités du terrain, la **possibilité de recourir à la phytothérapie traditionnelle** ne doit pas être écartée pour sauver le revenu de l'agriculteur, en dépit de toute attitude idéologique irréaliste.
2. En revanche, mettre en place une protection reposant sur une diversité de moyens ne se fera pas sans une **réflexion sur la frontière ténue entre chimie dite « de synthèse » et chimie dite « naturelle »**. De même qu'un **examen objectif des propriétés toxicologiques et écotoxicologiques** des agents de lutte demeure indispensable.
3. Le **développement du biocontrôle est aujourd'hui clairement dynamisé** :
 - a. par une **recherche créative** stimulée par de nombreux nouveaux acteurs ;
 - b. par les **investissements récents des grands leaders** de l'industrie ;
 - c. par un relatif consensus sur le **bénéfice environnemental global**, consensus qui ne doit pas exclure la vérification des caractéristiques supposées favorables ;
 - d. par un **courant sociétal porteur**, mais parfois **peu rationnel dans des pays industrialisés**, où ce courant est distancié d'avec l'agriculture, la crainte ancienne de pénurie de nourriture ayant quasiment disparu. En revanche s'expriment des craintes sur notre alimentation, une demande constante de sécurité accrue, nourrie par une information pléthorique, parfois dénaturée, dont le décryptage devient impossible à l'échelle de l'individu.
4. **Cette dynamique positive est contrebalancée** par les **réserves exprimées** par les **utilisateurs du biocontrôle** qui recherchent des preuves de la valeur de ces solutions avant de les introduire dans leur système de culture. **Dans un contexte de détresse économique** de nombreuses exploitations sont peu disposées à prendre des risques, exprimant légitimement des **craintes sur l'efficacité des solutions proposées et des pertes de revenu qui seraient liées à des échecs**. Les exploitants s'interrogent sur les coûts ou les **surcoûts** correspondants et attendent des **formations** appropriées et des **conseils basés sur l'expérience de terrain**.
5. Un autre frein au biocontrôle réside dans la **contestation systématique orchestrée** autour des **techniques d'amélioration végétale**. Elle ne repose guère sur des bases scientifiques, mais sur des opinions philosophiques et politiques aux fortes tendances idéologiques : accusations de non-naturalité, de perte de diversité, de manipulation du vivant, de risque alimentaire, refus d'une agriculture fondée sur le capital, reproches de mainmise de grands industriels sur les ressources génétiques... Alors même que les technologies contestées dans leurs applications agricoles sont communément admises lorsqu'il s'agit de prévenir des maladies humaines. **Cette contestation portée à ses extrêmes s'efforce même d'écarter de l'agriculture l'amélioration végétale dans son ensemble**, ce qui conduirait à faire reposer sur les autres moyens de biocontrôle l'essentiel de la protection des cultures, **charge qu'ils ne sont pas en mesure d'assumer seuls**.

C / Pour conclure, l'intérêt de l'agriculture et des citoyens implique de **sortir de l'ambiguïté**. **Trois étapes s'avèrent incontournables** :

1. Il conviendrait tout d'abord qu'**agriculteurs et administration** s'accordent pour **affirmer le caractère indispensable de la protection des cultures**.

Il existe déjà entre ces deux mondes un échange permanent au sujet des moyens qui supportent cette discipline. Une **approche transparente** qui s'appuie sur une **base véritablement scientifique** est cependant nécessaire.

Il conviendrait ensuite que le **caractère indispensable de la protection des cultures** soit **beaucoup mieux compris par l'ensemble de la population**.

2. Il apparaît ensuite souhaitable de **revenir à des bases objectives de l'évaluation des dangers** pour l'ensemble de la pharmacopée.

L'expérience montre qu'une approche cohérente de la protection des cultures ne peut se concevoir **sur la base d'un discours manichéen** qui laisse croire que les **produits de synthèse sont par principe plus dangereux que les solutions dites « naturelles »**.

Il est indispensable de prendre du recul sur des moyens de protection présentés comme innovants **mais que la hâte de nos politiques fait arriver directement sur le marché par des voies administratives, sans que les professionnels n'aient été réellement impliqués dans leur développement**.

Il serait cependant peu responsable de ne pas chercher à profiter des **atouts environnementaux potentiels relevant du biocontrôle**, sous prétexte de moindre efficacité.

3. Enfin, à l'heure où les produits de **biocontrôle bénéficient de grands efforts administratifs** pour réduire le coût des études préalables et pour dynamiser les procédures de mise sur le marché, il serait utile de **réhabiliter dans différents domaines une balance bénéfices-risques transparente**, accessible à la fois aux filières agricoles, aux scientifiques, aux industriels, aux citoyens et aux médias en recherche d'information authentique.

En matière de protection des cultures, le biocontrôle trouverait ainsi toute sa place, **débarassé de réserves passéistes et de phantasmes idéologiques**.

Mais il ne faut pas oublier que nous demandons à nos agriculteurs d'évoluer dans des marchés ouverts, de plus en plus mondialisés, où la compétition est la règle et la compétitivité une condition absolue de leur survie.

LES ENJEUX ÉCONOMIQUES ET POLITIQUES DES LÉGUMINEUSES

Séance organisée par Bernard **BOURGET**¹

L'académie d'Agriculture de France a participé activement en 2016 à l'organisation et à l'animation de plusieurs manifestations dans le cadre de l'année internationale des légumineuses de l'Organisation des Nations Unies. La séance du 22 février 2017, qui vient clore cette série d'évènements, portera sur les enjeux économiques et politiques des légumineuses. Dans l'introduction, Bernard BOURGET rappellera l'importance des légumineuses dans l'alimentation humaine au niveau mondial et la place très réduite des cultures de légumineuses, principalement fourragères, en Europe et en France depuis la mise en place de la PAC. Dans la première intervention, Hervé DURAND mettra l'accent sur la nouvelle place accordée aux légumineuses dans la réforme de la PAC de 2013 dans le cadre du verdissement, avec notamment la reconnaissance de leurs cultures dans les surfaces d'intérêt écologique. Il présentera le plan 2014-2020 pour les protéines végétales en France et les premiers résultats de l'application de ce plan et de l'introduction des légumineuses dans les surfaces d'intérêt écologique. Dans la seconde intervention, Alban THOMAS analysera les obstacles au développement des légumineuses en France par rapport à d'autres cultures, qui relèvent d'un processus qualifié par les économistes de « verrouillage technologique ». Puis il indiquera les conditions et les moyens permettant de les surmonter, ainsi que les perspectives offertes aux légumineuses dans notre pays. La troisième intervention sera le témoignage de Marie-Françoise BRIZARD-PASQUET, qui présentera les atouts et les handicaps des légumineuses dans l'élevage à partir de son expérience d'agricultrice en Mayenne. Les conclusions de la séance seront tirées par Christian HUYGHE qui est un grand connaisseur des légumineuses et a coordonné, avec Anne SCHNEIDER, la réalisation d'un ouvrage de référence intitulé « les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables ».

LES OBSTACLES AU DÉVELOPPEMENT DES LÉGUMINEUSES EN FRANCE ET LES CONDITIONS POUR LES SURMONTER

par Marie-Benoît **MAGRINI**¹ et Alban **THOMAS**²

Alors que les atouts agronomiques et environnementaux des légumineuses ont été démontrés par de nombreuses études, ainsi que leurs propriétés nutritionnelles pour l'alimentation animale et humaine, la production française de légumineuses est en diminution, ainsi qu'en Europe plus largement. De moins en moins cultivées (moins de 2% des assolements des grandes cultures), elles sont aussi peu consommées (moins de 2 kg/an/hab, une des moyennes de consommation les plus faibles au monde), et de moins en moins utilisées en alimentation animale. Pourquoi un tel décalage ? Plusieurs déterminants économiques liés aux marchés et filières et aux réformes de la politique agricole peuvent être avancés pour expliquer la relative marginalisation des légumineuses dans les systèmes de culture

¹ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France.

¹ Économiste, INRA-SAD, UMR AGIR AGroécologie, Innovation et TeRritoires (Inra-INP ENSAT- INP-PURPAN), marie-benoit.magrini@inra.fr

² Économiste, INRA-SAE2, TSE-R Toulouse School of Economics - Research (Inra-Université Toulouse Capitole-CNRS- EHESS), Alban.Thomas@inra.fr

actuels. Ainsi, la diminution des aides publiques favorisant les légumineuses, et les conditions économiques plus avantageuses que rencontrent d'autres productions, sont souvent mises en avant. Au-delà de ces facteurs liés aux avantages comparatifs des légumineuses vis-à-vis des systèmes céréaliers ou du soja par exemple, il existe des déterminants plus structurels provenant de l'organisation même des filières et des stratégies de leurs acteurs. Un certain nombre de mécanismes socio-économiques ont été identifiés comme des facteurs explicatifs d'un « verrouillage technologique », conduisant à une diminution tendancielle des surfaces en légumineuses. Parmi ces mécanismes, le concept de « rendements croissants d'adoption » constitue un concept clé de la théorie du verrouillage technologique, permettant de comprendre comment un différentiel de « valeur » peut se construire au fil du temps sur des choix productifs. Selon cette théorie, une technologie n'est pas forcément choisie parce qu'elle est la meilleure, mais elle devient la meilleure parce qu'elle est choisie initialement et qu'elle se renforce au cours du temps. Ce renforcement s'explique principalement par cinq types de mécanismes qui mettent en avant le rôle de l'action sociale dans ce processus d'adoption : les économies d'apprentissage, les externalités de réseau, les économies d'échelle et d'expérience, l'accroissement informationnel et les interdépendances technologiques.

Plusieurs études de cas montrent par contre qu'une approche multi-critères, intégrant l'ensemble des dimensions de la durabilité, permet d'identifier des pistes d'amélioration de la place des légumineuses dans les systèmes de culture actuels. De même, une meilleure compréhension des freins à leur développement, non seulement du côté des producteurs mais concernant l'ensemble des filières d'alimentation animale et humaine, fournit des leviers potentiels en termes d'organisation interne et de stratégie des filières. De tels leviers incluent par exemple des instruments de régulation des marchés et une meilleure identification des débouchés, la mise en place de dispositifs de coordination afin de fédérer les acteurs au sein des filières sur les choix de production, la différenciation des produits sur certains marchés et la qualification de la valeur environnementale des légumineuses. Un premier enjeu important concerne la reconnaissance économique et sociale des services écosystémiques fournis par une augmentation de la surface en légumineuses, comme une condition nécessaire pour consolider les volumes produits par les filières et pour assoir une politique publique d'accompagnement des producteurs qui intégrerait véritablement les bénéfices nutritionnels et environnementaux associés à ces productions. Un second enjeu repose sur la capacité des filières actuelles à combiner, selon un calendrier coordonné, l'exploitation de nouveaux débouchés commerciaux avec le renforcement de la visibilité des services écosystémiques associés aux légumineuses. Les freins économiques au développement de ces cultures ne seront véritablement levés qu'avec une coordination étroite des acteurs institutionnels et des acteurs privés, notamment pour définir les actions communes à mener en recherche et développement. Enfin, même si les légumineuses fourragères ont souffert d'un défaut de compétitivité par rapport à d'autres ressources fourragères, l'enjeu actuel autour d'une plus grande autonomie protéique en élevage permet d'envisager un renouveau de ces cultures, notamment via des associations et des filières originales telles la luzerne déshydratée.

Cet exposé propose de réfléchir aux mécanismes qui ont construit un différentiel de compétitivité entre les légumineuses et d'autres espèces plus majeures comme les céréales. Nous nous interrogerons aussi sur les leviers pouvant favoriser une plus grande production et usage des légumineuses. Nous confrontons l'hypothèse de verrouillage technologique au cas des légumineuses à graines, par une analyse historique de l'évolution de la compétition créée entre les céréales (espèces dominantes) et les légumineuses (espèces mineures). Ce constat plaide pour un changement dans les politiques agricoles et l'orientation des débouchés pour ces espèces, afin de favoriser leur plus grande mise en culture en tant que pilier essentiel de la durabilité de notre production agricole. En particulier, la seconde transition alimentaire des pays occidentaux vers plus de végétal peut offrir de nouvelles opportunités de marché pour les légumineuses, mais cela sera-t-il suffisant pour dépasser le verrouillage construit autour du couple blé/soja ? Quels impacts pourraient avoir de nouvelles qualifications institutionnelles données aux légumineuses dans cette transition ? Est-ce que d'autres leviers comme la reconnaissance des externalités environnementales des légumineuses peuvent renforcer leur place dans les systèmes agricoles ?

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) MAGRINI, M.-B., ANTON, M., CHOLEZ C., CORRE-HELLOU, G., DUC, G., JEUFFROY, M.-H., MEYNARD, J. M., PELZER, E., VOISIN, A.-S., WALRAND, S., 2016. – Why are grain-legumes rarely present in cropping systems despite their environmental and nutritional benefits? Analyzing lock-in in the French agrifood system, *Ecological Economics*, **126**, 152-162.
- (2) MAGRINI M.-B., THOMAS A., SCHNEIDER A., 2015. – Analyses multi-enjeux et dynamiques socioéconomiques des systèmes de production avec légumineuses, in : Schneider A. and Huyghe Ch. (Eds), 2015, *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*, QUAE Editions, France. Ouvrage téléchargeable gratuitement : <http://www.quae.com/fr/r4709-les-legumineuses-pour-des-systemes-agricoles-et-alimentaires-durables.html>
- (3) THOMAS Alban, SCHNEIDER Anne et PILORGÉ Étienne, 2013. –, Politiques agricoles et place du colza et du pois dans les systèmes de culture. *Agronomie, Environnement & Société* **3**(1), pp. 61-73.
- (4) MEYNARD J.M., MESSEAN A., CHARLIER A., CHARRIER. F., FARES M., LE BAIL M., MAGRINI M.B., SAVINI I., 2013. – Freins et leviers à la diversification des cultures. Étude au niveau des exploitations agricoles et des filières, Synthèse du rapport d'étude, Inra, 52 p.
- (5) VOISIN Anne-Sophie, GUEGUEN Jacques, HUYGHE Christian, JEUFFROY Marie-Hélène, MAGRINI Marie-Benoît *et al.*, 2013. – Les légumineuses dans l'Europe du XXI^e siècle : Quelle place dans les systèmes agricoles et alimentaires actuels et futurs ? Quels nouveaux défis pour la recherche ? *Innovations Agronomiques* **30**, pp.283-312.

ATOUTS ET HANDICAPS DES LÉGUMINEUSES DANS L'ÉLEVAGE À PARTIR DE SON EXPÉRIENCE D'AGRICULTRICE EN MAYENNE

par Marie-Françoise **BRIZARD-PASQUET**¹

En France, choisir d'orienter son élevage laitier vers l'autonomie alimentaire est un chemin long et compliqué car le modèle dominant depuis une trentaine d'années et très performant à certains égards a concentré les finances (aides PAC), la recherche, l'orientation des conseils techniques et la formation.

Choisir ce chemin en 1999 relevait d'une certaine audace avec son corollaire de prise de risques. Remplacer la protéine achetée outre Atlantique par de la protéine produite sur la ferme conduit à chercher des réponses à de multiples questions : quelles plantes ? Quels itinéraires ? Quelles rotations pertinentes ? Comment utiliser tout cet azote soluble dans des rations sans entraîner une chute des performances techniques et des problèmes de santé des vaches ? etc...

Quelques élevages, peu à peu depuis une dizaine d'années, ont cherché, expérimenté et réussi à atteindre des résultats qui permettent une production laitière remarquable avec une autonomie protéique à plus de 80 % voire 90 %.

C'est ce cheminement concret, les embûches et les succès que retracera Marie-Françoise Brizard, éleveuse de normandes avec son mari en Mayenne. Après un parcours professionnel agricole et non agricole, ils ont choisi en 1999 d'orienter leur ferme de 110 ha vers l'autonomie alimentaire progressive pour le troupeau laitier de 50 normandes et sa suite.

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

Expliquer concrètement le système mis en place, notamment pour produire le maximum de protéines sur la ferme, grâce à la luzerne plus particulièrement, et les résultats auxquels ils parviennent aujourd'hui permettra de mettre en évidence les atouts et les difficultés de ce choix. Au final, est-ce vertueux ?

Enfin, cette expérience durable et concrète d'une quinzaine d'années permet d'approcher le champ du possible au regard des enjeux écologiques et des coûts énergétiques qu'affronte une agriculture très dépendante du pétrole et donc de l'azote minéral et des protéines importées.

Les expériences éparses avec différents niveaux de performance peuvent-elles faire émerger des ambitions collectives ? Seule une volonté politique forte, ancrée dans un accord large sur quelques enjeux majeurs pourra lever les verrouillages humains et techniques et permettre la mise en place des accompagnements indispensables sur une longue durée.

Le contexte actuel n'est plus celui de 1980, les enjeux environnementaux exigent que l'on se préoccupe sérieusement des sols, de l'eau et de l'air et les attentes des consommateurs européens sont plus qualitatives. La construction régionale, nationale et pourquoi pas européenne d'une moindre dépendance extérieure pour les ressources azotées et protéiques est finalement possible et même assez facile. Il suffit de changer son regard et de compter autrement ! C'est une belle ambition collective. Faire mieux ensemble, amplifier les politiques déjà amorcées pour viser des inflexions majeures chez les éleveurs.

Conclusions de la séance du 22 février 2017 sur les légumineuses

par Christian **HUYGHE**¹

Cette séquence fut d'une grande richesse et il convient d'en remercier notre confrère Bernard Bourguet pour en avoir porté la construction et l'organisation, les orateurs pour la grande qualité pédagogique et la richesse de leurs présentations et l'ensemble des participants à cette séance pour leurs questions, à la fois assez reliées à l'histoire récente de l'agriculture et assez iconoclastes pour nous projeter vers le futur.

L'Académie d'Agriculture a une longue histoire avec les légumineuses, comme on peut le voir au travers des différents comptes-rendus, dorénavant disponibles sur la bibliothèque électronique Gallica. On trouve ainsi trace de présentations dédiées aux légumineuses dès 1785. On notera de façon intéressante la place prédominante donnée aux légumineuses fourragères dans ces premières communications.

La séance de ce jour a souligné plusieurs facettes majeures. Elle a surtout montré qu'il était indispensable d'analyser les légumineuses dans une vision systémique, depuis la production à l'utilisation des produits de récolte dans la chaîne alimentaire, pour des systèmes agricoles et alimentaires multi-performants. Il a également été souligné et démontré que ceci est totalement cohérent avec le levier de l'agro-écologie.

La séance a permis de noter la complexité des objets dont nous parlons. Il ne faut en effet pas oublier la diversité des usages des légumineuses dans nos systèmes agricoles et alimentaires, ce qui est tout à la fois une force de ces espèces, mais aussi une faiblesse. Citons ainsi leur utilisation en légumineuses à graines (pois, féverole, lupin, soja), en légumes secs (pois chiche, lentille), en légumineuses fourragères (luzerne, trèfles, sainfoin), et plus récemment en plantes de service (sans valeur marchande directe, mais apportant une diversité de services écosystémiques). Ajoutons à cette diversité le fait que les légumineuses sont utilisées soit en cultures pures soit en cultures associées et on perçoit alors rapidement que la diversité nuit à la lisibilité et à la mobilisation de leviers d'actions.

Je me permets de revenir plus spécifiquement sur deux de ces usages.

¹ Correspondant national Section 1, Directeur Scientifique Agriculture de l'Inra.

Tout d'abord sur les légumineuses fourragères. En cultures pures, la luzerne est aujourd'hui presque la seule espèce que nous utilisons en France. Des travaux récents soulignent l'intérêt d'une autre espèce traditionnellement utilisée au 19^{ème} et 20^{ème} siècle et progressivement abandonnée, à savoir le sainfoin. Si elle est aujourd'hui souvent mentionnée pour l'intérêt des tannins qu'elle contient (lutte contre le parasitisme des petits ruminants), elle a aussi une caractéristique qui, si elle avait été repérée à temps, aurait pu conduire à une forte utilisation de cette espèce. En effet, le sainfoin est la seule légumineuse fourragère ayant une forte teneur en sucres solubles, lui permettant ainsi d'être ensilée facilement. Pour les autres légumineuses fourragères en culture pure, seule une réelle maîtrise technique permet de réaliser un ensilage de qualité, comme le montrent les résultats présentés par Mme Brizard-Pasquet pour la Ferme Sainte-Anne (53).

L'utilisation des légumineuses fourragères en association, en particulier pour une exploitation en pâturage, est aujourd'hui devenue la règle. Toutefois, on manque de données statistiques fiables sur cet usage. L'élément intéressant quand on considère l'évolution de l'utilisation en association est le temps qu'il a fallu pour l'adoption de cette pratique simple, gage de performance économique et environnementale et mobilisant la régulation biologique, notamment pour l'équilibre des espèces au sein du couvert et pour l'alimentation azotée. Le temps long de l'adoption, André Pochon en vantait déjà les mérites, est celui nécessaire pour la formation et l'apprentissage.

Le second usage en forte croissance concerne les plantes de service (cultures intermédiaires et plantes compagnes). On découvre au travers de cet usage une grande diversité de services écosystémiques, où les légumineuses jouent un rôle premier. Ce marché est le fruit de l'évolution de la réglementation, dont on ne soulignera jamais assez à quel point elle est un facteur premier d'innovation. Ce développement est aujourd'hui accompagné par une offre variétale sur une gamme élargie d'espèces végétales, avec ouverture de catalogues variétaux, comme récemment sur la séradelle ou le fenugrec.

A cette diversité des usages, est donc associée une diversité des services attendus.

Le premier d'entre eux, au niveau le plus macroscopique, est celui de l'alimentation humaine, où la question des ressources protéiques est posée avec acuité. Les légumineuses sont en effet une source privilégiée de protéines, composé indispensable de l'alimentation humaine car non substituable. Mais il n'y a pas que les légumineuses pour apporter des protéines. On ne doit pas limiter la question des protéines aux seules protéines issues du tourteau de soja, même si cela représente environ 1,5 Mt de protéines par an. Le premier pool de protéines végétales en France est celui que constituent les prairies et cultures fourragères (plus de 8 Mt de protéines/an). Si on évoque souvent la compétition entre alimentation humaine et alimentation animale vis à vis de la ressource protéique, c'est plutôt la diversité des ressources et la diversité des utilisations qu'il faut articuler, en mobilisant le cadre d'analyse nouveau qu'offre la bioéconomie.

La performance économique doit aussi bien sûr être prise en compte, au niveau de l'exploitation agricole, comme au niveau de la filière. La relation entre animal et végétal se pose ici à nouveau. La baisse lente de la consommation de protéines d'origine animale en France et en Europe vient peser progressivement sur l'équilibre économique des exploitations d'élevage, alors que dans le même temps l'augmentation des productions animales dans le monde engendre et va engendrer plus encore demain des tensions fortes sur le cours des matières premières végétales et du tourteau de soja. Il nous faut donc imaginer des systèmes de production performants et robustes vis à vis de la volatilité du cours des matières premières et des évolutions des comportements alimentaires.

La performance environnementale est également inscrite à l'agenda. Pour le changement climatique, les légumineuses, en réduisant les émissions de protoxyde d'azote, sont un atout important à valoriser. De façon plus générale, à l'échelle d'un pays, une partie des impacts environnementaux vient des déséquilibres locaux importants, engendrés par la spécialisation productive des régions, et des transports à longue distance d'aliments et d'intrants que cela engendre. Les légumineuses peuvent, ici également, contribuer à rétablir des équilibres. Enfin, et comme le démontre l'analyse présentée par Mme Brizard-Pasquet, il est essentiel, dans nos estimations de performance économique et environnementale de prendre en compte la surface virtuelle des exploitations, en intégrant les surfaces mobilisées du fait de l'importation de tourteaux de soja.

Enfin, la performance sociale doit être intégrée, à la fois pour évaluer notre action aujourd'hui et aussi identifier les orientations de recherche et les voies d'innovation. La représentation que nous nous faisons à la fois des vaches au pâturage ou des légumes secs en restauration collective est la trace de traditions. Mais

inventer demain exige de nous détacher de cela. Ceci revient à nous interroger sur la représentation que nous nous faisons du progrès.

La question de la représentation du progrès conduit inévitablement à s'interroger sur les raisons pour lesquelles la société dans toutes ses composantes a une telle nostalgie pour un monde, qui n'a jamais existé, et pourquoi il est si difficile d'imaginer le monde de demain. Tout autant que les effets de verrouillage, très bien illustrés par Alban Thomas, les effets de fixation, chers à la théorie de la conception innovante, sont à expliciter et à prendre en compte. Quels sont-ils ? Je me permettrais d'en souligner trois sans chercher à être exhaustif : i) le premier concerne le fait de se focaliser en permanence et de façon quasi exclusive sur les cultures de vente. L'exemple du potentiel offert par les cultures intermédiaires et les plantes de service suffit à convaincre de l'intérêt de réfléchir plus large ; ii) le second est la volonté de continuer à produire la même chose, en cohérence avec l'importance de l'aval dans le phénomène de verrouillage ; iii) enfin, troisième effet de fixation : celui de considérer que l'on consommera demain la même chose qu'aujourd'hui, et notamment en termes de ratio entre protéines animales et protéines végétales. Et ce dernier point est amené à fortement bouger, parce que le consommateur est aujourd'hui un urbain, dans le monde et en France et parce que les tendances actuelles ne sont pas soutenables.

La ré-introduction des légumineuses dans les systèmes de production animale et végétale en France suppose de traiter, pour tous les opérateurs, la question de l'adoption et de donc lever une aversion au risque et à la complexité. La motivation première de l'évolution des systèmes agricoles au cours des dernières décennies a été la recherche de simplification, cette simplification ayant ensuite engendré une capacité à intensifier grâce aux économies d'échelle rendues possibles. La simplification permet de réduire la charge mentale. La réduction de la charge mentale est également obtenue par la formation, par la capacité à anticiper et à gérer les fortes inter-annuelles et les variations saisonnières qui sont particulièrement importantes quand il s'agit d'alimentation animale. Ceci a conduit nombre de systèmes à reposer sur des stocks, potentiellement achetés à l'extérieur de l'exploitation. Il est donc impératif, en réfléchissant à la question de l'aversion au risque et au changement d'intégrer les éléments relatifs à l'aléa, à la robustesse et à la résilience (voir synthèse de N. Urruty et al, en 2016 dans Agriculture and Sustainable Development) des systèmes de production.

Une question transversale a été largement présente au long de la séance, celle des politiques publiques et même plus encore celle de la cohérence des politiques publiques, comme l'a souligné Hervé Durand dans sa présentation. Les légumineuses sont concernées par nombre d'entre elles, à la fois les politiques européennes dans le cadre de la PAC et les politiques nationales, et notamment celles concernant l'environnement. On peut ici souligner cinq points :

- i) l'importance d'évoluer vers une politique publique alimentaire, permettant d'intégrer la ressource alimentaire, sa qualité, et sa contribution à la santé de la population,
- ii) l'articulation des différentes dimensions environnementales, car toutes les composantes environnementales ne sont pas influencées de la même façon par les productions de légumineuses,
- iii) la réforme de la PAC et l'impérative nécessité d'une couverture du risque,
- iv) la vision agro-écologique permet une lecture, nouvelle et ambitieuse, de la place des légumineuses dans notre agriculture.
- v) S'ajoute également l'épineuse question de la recherche sur les espèces orphelines (de recherche). Si la diversité des espèces est une chance pour couvrir l'ensemble des champs d'utilisation, elle devient une faiblesse quand il s'agit de proposer des projets de recherche. L'option est alors d'explorer les possibilités de recherche translationnelle, où les travaux conduits sur quelques espèces phares, comme les espèces modèles en génétique et physiologie moléculaire, sont à valeur générique et trouvent une application sur une large diversité d'espèces.

Enfin et pour conclure, cette séance souligne des besoins importants en recherche et innovation, au delà du point précédent sur les espèces orphelines. On citera par exemple les besoins en technologie des procédés pour préserver la qualité des produits de récolte ou pour fractionner une biomasse et en valoriser les différentes composantes. Si ceci est délicat pour ne pas dire impossible sur des productions de niche, la possibilité est autre sur des productions plus importantes. Enfin, en terme de recherche, on doit également

citer des travaux en sciences économiques et environnementales explorant des scénarios de production et d'utilisation en rupture profonde. Ainsi, le modèle dit « bio, local, demitarien » développé par l'équipe de Gilles Billen de l'Université Pierre et Marie Curie, explore, de façon non prescriptive, les conséquences d'une évolution simultanée des modes de production (moins d'utilisation de fertilisants de synthèse), de consommation (40% des protéines alimentaires sont d'origine animale) et d'organisation (réduction des distances de transport des intrants et des productions). Un tel modèle permet de souligner que des options très différentes seraient envisageables, mais elles exigent de considérer le système de façon globale, de prendre en compte les différentes performances et d'explorer des innovations profondes et ambitieuses.

Ceci est totalement en cohérence avec l'ambition démontrée tout au long de cette séance par l'ensemble des orateurs et des intervenants.

POURQUOI CERTAINES ESPÈCES SE METTENT-ELLES À PULLULER ?

Séance organisée par Christian **Lévêque**¹

Certaines espèces, pour des raisons diverses, ont tendance à proliférer. En biologie des populations, on parle de prolifération ou de pullulation à propos d'une espèce qui se reproduit abondamment dans un environnement donné. On parle d'espèce invasive quand il y a prolifération excessive d'une espèce introduite dans un nouveau milieu. Mais toutes les proliférations/pullulations de populations, quelle que soit leur origine, autochtone ou exogène, ne nous posent pas systématiquement de problèmes. Savoir si elles en causent en écologie relève de jugements de valeur qui font l'objet de débats sociétaux (cf la question des invasives).

Par contre, la pullulation de certaines espèces affecte directement nos économies et notre santé, et on cherche à s'en prémunir... C'est le cas notamment pour les ravageurs des cultures, et pour toutes les espèces qui sont considérées, à tort ou à raison, comme des nuisances. Des sommes considérables sont ainsi dépensées pour les contrôler, le plus souvent par l'emploi de biocides.

On peut penser qu'une meilleure connaissance des mécanismes qui sont à l'origine des pullulations de certaines espèces pourrait être utile afin de mieux les contrôler. Certains de ces mécanismes sont déjà en partie connus, que ce soit des mécanismes liés aux facteurs climatiques, ou des mécanismes liés à la biologie des espèces. D'autres mécanismes sont encore peu explorés, notamment ceux qui font intervenir des déterminants génétiques.

L'objet de cette séance est donc de faire le point sur les différentes connaissances acquises sur ce phénomène de prolifération, afin d'explorer des pistes potentielles de mesures de contrôle alternatives.

FACTEURS ÉCOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES DES PULLULATIONS

par Jacques **TASSIN**¹

Les pullulations sont contingentes à quatre groupes de facteurs conjoints, propres aux conditions environnementales et aux taxons aptes à pulluler (rongeurs, insectes herbivores, plantes adventices). Le premier groupe relève de variations spatiales parfois soudaines dans la disponibilité, la densité et l'accessibilité aux ressources trophiques. Les organismes pullulants sont plus ou moins sensibles à ces variations inhérentes à l'écologie du paysage, selon des échelles allant de l'écocomplexe à la plante. Le second groupe procède d'un relâchement occasionnel ou durable de la pression des agents de contrôle (parasitoïdes, prédateurs) régulant le niveau démographique du taxon considéré. Un troisième groupe, le plus déterminant, réunit des facteurs historiques déclenchants, liés aux activités anthropiques locales (ex :

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

¹ Cirad Montpellier.

pratiques agricoles, usage de pesticides affectant les auxiliaires) ou non (ex : sécheresse, réchauffement) qui, en modifiant la configuration des éléments précédents et en générant des stress, rend la ressource plus vulnérable et l'organisme pullulant moins régulé. Ces trois premiers groupes de facteurs font en partie l'objet d'un contrôle préventif ou curatif par l'homme selon une gestion dite raisonnée des ressources, dans le temps et dans l'espace. Un quatrième groupe de facteurs est propre aux traits biologiques intrinsèques (ex : plasticité du régime alimentaire, stratégie démographique, capacité de dispersion) prédisposant un organisme vivant à pulluler. Ces traits sont régis par des déterminants génétiques variables au sein des populations, pouvant favoriser leur adaptation physiologique aux systèmes défensifs de la ressource ou à sa meilleure valorisation. Une meilleure compréhension de l'intervention de ces traits et de leur support génétique dans les pullulations devrait concourir à imaginer de nouvelles parades.

POURQUOI LES ESPÈCES LOCALES OU INTRODUITES SE METTENT ELLES À PULLULER ? LE CAS DES PLANTES ADVENTICES DES GRANDES CULTURES

par Henri **DARMENCY**¹, Bruno **CHAUVEL**¹ et Valérie **LE CORRE**¹

L'intensification des pratiques agricoles et la généralisation de l'utilisation du désherbage chimique dans les années 50-60 a permis un bien meilleur contrôle de la présence de plantes adventices dans les cultures ; leur densité dans les parcelles a généralement été considérablement réduite. D'autre part, de nombreuses espèces, en particulier les messicoles, se sont raréfiées ou ont disparu. L'intensification des pratiques a ainsi conduit à une perte de diversité et une simplification des communautés de plantes adventices, avec souvent aujourd'hui la présence de quelques espèces très dominantes dans chaque cultures (le ray-grass et le vulpin en blé d'hiver, les géraniums en colza par exemple). Ces espèces, qui sont les mieux adaptées et par conséquent les plus difficiles à gérer peuvent entraîner de fortes nuisibilités en cas de perte de contrôle. A côté de ces modifications progressives de la flore adventice « historique », on observe également, même si le phénomène est parfois plus localisé, des apparitions d'espèces nouvelles qui peuvent rapidement envahir les parcelles. Il peut s'agir d'espèces introduites accidentellement, mais aussi d'espèces autochtones ayant évolué de nouvelles adaptations.

Nous essayerons de faire un panorama des facteurs explicatifs du succès des plantes adventices les plus problématiques pour l'agriculture, depuis les grandes caractéristiques phylogénétiques, écologiques et biologiques jusqu'aux phénomènes d'adaptation récentes. Nous nous appuierons pour cela sur quelques exemples ayant fait l'objet de travaux de recherches récents : les graminées adventices des céréales d'hiver et l'évolution de résistances aux herbicides ; l'expansion d'une espèce envahissante introduite, l'ambrosie; et le cas d'une espèce parasite, l'orobanche, ayant évolué vers une nouvelle culture hôte.

¹ INRA – UMR Agroécologie. 21000 Dijon.

RÔLE DE L'ÉVOLUTION DANS LA PROLIFÉRATION DES ESPÈCES INTRODUITES ET LOCALES

par Arnaud ESTOUP¹ et Ruth Arabelle HUFBAUER²

Introduction

Le rôle facilitateur de l'évolution dans la prolifération des espèces introduites et locales, en particulier l'évolution rapide et adaptative pendant les invasions biologiques, est devenu un sujet de recherche majeur des 10-20 dernières années. Nous illustrerons ce type de recherches au travers de quelques concepts et exemples empiriques qui ont guidé nos propres recherches au cours des 10 dernières années. Nous nous intéresserons à trois questions principales : (i) Quelles preuves empiriques illustrent le rôle fondamental de l'évolution dans la prolifération des espèces ? (ii) Quel est le rôle de l'Homme dans ces processus évolutifs ? et (iii) Existe-t-il un paradoxe génétique chez les espèces envahissantes ?

1/ L'évolution joue-t-elle un rôle dans la prolifération de certaines espèces ?

Il existe de nombreuses évidences empiriques que les espèces envahissantes sont capables de s'adapter à leur nouvel environnement. Cependant, une question encore peu résolue est de savoir si cette adaptation est directement à l'origine de la croissance démographique et l'expansion spatiale de ces espèces, ou si cette prolifération n'est qu'un sous-produit se manifestant qu'après une phase d'adaptation. Pour répondre à cette question, nous avons étudié un insecte coléoptère qui est une peste mondiale des produits stockés, *Tribolium castaneum*. Un dispositif en laboratoire nous a permis de suivre finement la croissance démographique et l'expansion spatiale de cette espèce modèle confrontée à un challenge adaptatif, en permettant ou pas la possibilité d'évolution (et donc d'adaptation) des populations à chaque génération. Nous avons pu ainsi démontrer que les populations pouvant évoluer montrent une croissance démographique plus forte et s'étendent spatialement plus rapidement que les populations ne pouvant pas évoluer. Les effets bénéfiques de l'évolution sont observés très rapidement, à savoir en quelques générations. Nous avons enfin observé une plus grande variation des dynamiques de prolifération lorsque les populations sont susceptibles d'évoluer. L'évolution semble donc jouer un rôle important et positif dans la prolifération des espèces tout en augmentant les incertitudes quant à la prédiction des dynamiques de prolifération.

2/ Rôle de l'Homme dans les processus évolutifs

Nos études expérimentales réalisées notamment chez la fourmi envahissante *Wasmannia auropunctata* ont fortement suggéré l'importance de processus éco-évolutifs ayant lieu au sein de l'aire native des espèces envahissantes et le rôle majeur de l'homme dans ces processus. Nos résultats ont ainsi mis en exergue l'importance des zones perturbées écologiquement par l'activité humaine situées à proximité géographique des zones d'habitats naturels dans (i) l'émergence de populations à fort potentiel envahissant car adaptées aux milieux anthropisés, et (ii) leur dispersion accidentelle par l'homme dans des zones d'introduction plus lointaines également anthropisées. Ce type de scénario s'applique potentiellement à de nombreuses espèces envahissantes et est susceptible d'expliquer, au moins en partie, l'augmentation importante du nombre d'espèces envahissantes dans les 100 dernières années.

¹ INRA, CBGP - Centre de Biologie et de Gestion des Populations -, Montpellier.

² Colorado State University - USA, actuellement en séjour sabbatique au CBGP.

3/ Existe-t-il un paradoxe génétique chez les espèces envahissantes ?

Nous avons récemment tenté de répondre à un dilemme classique dans le domaine de la biologie évolutive des espèces envahissantes, appelé le paradoxe génétique des invasions. Comment les populations envahissantes ayant subi un goulot d'étranglement, et qui ont généralement une faible diversité génétique et sont donc considérées comme ayant un faible potentiel d'évolution et / ou une faible capacité de reproduction, peuvent devenir envahissantes ? Nous montrons que, bien que la notion d'un paradoxe génétique de l'invasion soit intuitive et possible en théorie, ce paradoxe est dans une large mesure surfait. En effet, de nombreux envahisseurs sont caractérisés par une diversité génétique similaire voir supérieure aux populations natives, ou ne sont pas confrontés à des défis d'adaptation significatifs dans la zone envahie (cf. « pré-adaptation »). Certaines populations invasives semblent réunir toutes les conditions d'un paradoxe génétique, mais ce paradoxe s'avère faux parce que le proxy utilisé pour caractériser la variation génétique est inadéquat. Plus précisément, la perte de la diversité à un petit ensemble de marqueurs génétiques neutres ne reflète pas la baisse de variation génétique des caractères écologiques pertinents. La variation génétique à des locus neutres et à des traits écologiquement pertinents peut même s'avérer faible en raison d'une adaptation réussie aux nouvelles conditions environnementales. Dans certaines invasions, cependant, le paradoxe génétique semble authentique. Nous soutenons néanmoins que, dans ces cas, un large éventail de mécanismes évolutifs permet à la population invasive de surmonter les diverses conséquences néfastes d'une faible variation génétique et de l'adapter à son nouvel environnement. Nous illustrerons certains aspects de cette notion de paradoxe génétique au travers de l'étude d'une coccinelle envahissante *Harmonia axyridis*.

Conclusion

Il est maintenant largement accepté et démontré que l'évolution est un facteur clef de nombreuses invasions biologiques et rentre en jeu dans la prolifération des espèces introduites et locales. Les mécanismes évolutifs impliqués sont divers. Beaucoup reste à faire pour mieux comprendre ces mécanismes et les illustrer au travers de l'étude de cas concrets. Un front de science particulièrement novateur dans le domaine des invasions biologiques et des pullulations repose sur l'analyse des génomes d'échantillons populationnels (populations naturelles et populations de laboratoire) à l'aide de nouvelles technologies de séquençage en plein essor du type *New Generation Sequencing* (NGS), qui permettent de caractériser plus finement les processus évolutifs ayant cours dans les génomes des populations pullulantes, notamment ceux liés à la sélection naturelle.

LA GESTION DE L'EAU AU DÉFI DES INCERTITUDES

INTRODUCTION

par Louis **HUBERT**¹

Monsieur le Président, monsieur le Secrétaire perpétuel, chères consœurs et confrères et chers amis

La COP 21 de Paris en décembre 2015 a été un grand succès diplomatique pour la France et une avancée décisive pour la Planète. Plus de 110 pays ont ratifié l'accord à ce jour, permettant son entrée en vigueur moins d'un an après la COP.

Pour autant, même si toutes les mesures de limitation des émissions de gaz à effet de serre et d'atténuation du changement climatique, proposées par les différents États à cette occasion, étaient mises en œuvre, ce qui n'est pour l'instant pas le chemin pris, le réchauffement de la planète serait au mieux de 3 C ° à l'horizon 2100, selon les modèles du GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), ce qui d'une part ne correspond pas à l'objectif validé par l'Accord de Paris, qui consiste à viser une augmentation de 2°C au plus (si possible 1,5°C), d'autre part ne serait pas sans conséquence sur notre climat.

Si le thème de cette séance doit nous inviter à relever le défi des incertitudes, nous sommes paradoxalement face à une certitude : la société, notre modèle actuel de développement, ne sont absolument pas adaptés aux conséquences du changement climatique, et à la situation qu'elles auront à connaître à la fin de ce siècle. Il y a donc urgence et nécessité impérieuse de s'y préparer et de s'adapter, tout en conduisant une politique ambitieuse d'atténuation. En effet faute d'anticiper de manière coordonnée les dérèglements à venir, de nombreux territoires se retrouveraient régulièrement dans des situations de fort déficit en eau et de fortes demandes de la part de chaque activité humaine ce qui conduirait inévitablement à des situations de crise et de conflit.

On notera que si les mesures d'atténuation issues de la COP 21 n'étaient pas mises en œuvre, les bouleversements seraient tels que l'adaptation serait illusoire. En effet au-delà d'un certain seuil de réchauffement, par exemple les + 4°C d'ici 2100 du scénario RCP 8.5 (*Representative Concentration Pathway 8.5*), qui correspond aux tendances actuelles d'émissions, les scientifiques ne peuvent pas prévoir ce que l'emballement du système nous réserverait mais assurent que ce serait « chaotique ».

En tant que membre correspondant, et directeur de la stratégie territoriale à l'agence de l'eau Seine Normandie, je peux témoigner que cette préoccupation est désormais très prégnante dans les agences de l'eau et leurs instances politiques (comités de bassins).

Nous avons engagé fin 2015, sous l'impulsion de notre président de Conseil d'administration, préfet de bassin Seine Normandie (JF CARENCO), et de notre président de Comité de bassin (F SAUVADET), l'élaboration d'une stratégie d'adaptation au changement climatique, qui vient d'être approuvée à l'unanimité par le comité de bassin après une démarche collaborative menée tout au long de l'année 2016.

Il en est de même pour les autres agences, et leurs comités de bassin, qui ont tous entrepris le même type de démarche, saluée et encouragée par la ministre de l'environnement.

Ces stratégies doivent être mises en œuvre à travers les documents de planification (urbanisme, eau...) et les programmes pluriannuels des agences de l'eau.

Les activités agricoles sont à la fois celles qui seront et sont déjà les plus impactées car elles sont par nature dépendantes du climat et de la météorologie ; mais ce sont également celles pour lesquelles nous avons pu

¹ Membre correspondant section 7 « Environnement et territoires ».

mobiliser le plus grand nombre d'actions concrètes ou de stratégies locales d'adaptation. Comme le souligne un membre de notre comité de bassin, représentant de l'agriculture : « l'agriculture ne devrait pas être un problème mais une solution ».

Le groupe eau intersection de l'Académie a récemment conduit un travail approfondi, sous la houlette de Christian LÉVÊQUE, concrétisé par la publication d'un rapport de grande qualité, en 2013 : « eau et agriculture : débats et perspectives ». [Christian LÉVÊQUE qui a présidé votre assemblée, que je connais et apprécie particulièrement en tant que membre éminent du conseil scientifique de notre comité de bassin].

Il a semblé important, de prolonger ce travail et la section 7 de l'Académie a donc proposé cette session sur « **la gestion face au défi des incertitudes** », ou en d'autres termes face au changement climatique.

Je vous remercie, monsieur le Président, d'avoir permis de concrétiser ce projet.

Cette session s'articule en trois interventions d'un quart d'heure/20 mn chacune.

1ère intervention « **Utilité et limites des modèle climatiques** » : Agnès **DUCHARNE**, directrice de recherches au CNRS, correspondante de l'Académie, ancienne membre du conseil scientifique du comité de bassin Seine-Normandie. *Destinée à fixer le « décor »*

2ème intervention « **La prise de conscience du changement climatique par le monde agricole ; comment éviter l'inaction face aux doutes ?** » : Frédéric **LEVRAULT**, expert « changement climatique » de l'Assemblée permanente des chambres d'agriculture [que nous avons sollicité pour nous aider à élaborer notre stratégie d'adaptation au Changement climatique]. *Comment une profession doit s'y préparer et s'adapter avant qu'il ne soit trop tard ;*

3ème intervention « **Quelles inflexions donner à la politique de gestion participative de l'eau dans la perspective d'un changement climatique ?** » : Michel **DANTIN**, maire de Chambéry, député européen, président du Comité de bassin Rhône-Méditerranée. *Comment un élu doit faire la synthèse et agir à court terme face à ces défis de long terme*

Le débat avec la salle sera ouvert par un « grand témoin », Hervé **LE TREUT**, membre du groupe intergouvernemental pour l'évolution des climats, membre de l'Académie d'agriculture, membre de l'Académie des sciences, et par ailleurs conseiller changement climatique de la région Nouvelle Aquitaine.

Et la conclusion : Guy **FRADIN**, ingénieur général honoraire des ponts, des eaux et des forêts, correspondant de l'Académie, président du Conseil d'administration de l'agence de l'eau Rhin-Meuse, gouverneur au Conseil mondial de l'eau.

Je voudrais remercier Maurice **de VAULX** et Katia **LAVAL**, membres titulaires, qui ont joué un rôle déterminant pour faire mûrir et porter ce projet au sein de la section 7 et de l'Académie avec l'aide de notre président de section Denis **COUVET**.

UTILITÉ ET LIMITES DES MODÈLES CLIMATIQUES

par Agnès **DUCHARNE**¹

Pourquoi la modélisation ? Principe général et limites

Notre principale certitude sur le changement climatique, c'est que la teneur en CO₂ et les températures augmentent sur notre planète. Les conséquences sont complexes et difficile à appréhender, et dans les secteurs de l'eau et de l'agriculture, elles peuvent inclure des perturbations du cycle de l'eau, et un accroissement de la production de biomasse en absence de conditions défavorables (sécheresse, carence en

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture, Directrice de recherche au CNRS.

nutriments, maladies, etc.). Pour dépasser ce genre de généralités, la modélisation est un outil de choix pour explorer les futurs possibles et leurs déclinaisons régionales. Ces outils de synthèse des connaissances permettent en effet d'intégrer la complexité des processus biophysiques impliqués et de pallier l'impossibilité de prévoir l'évolution des teneurs en gaz à effet de serre. Le principe général est de sélectionner de multiples scénarios et modèles pour quantifier la dispersion ou l'accord des projections, et caractériser ainsi des incertitudes. Les principales limites qui freinent l'appropriation des résultats sont la complexité de la démarche et les incertitudes, dont une part reste inquantifiable, et dont l'autre part est parfois trop importante pour obtenir des conclusions robustes.

Quelques exemples d'impact du changement climatique sur la ressource en eau (quantité et qualité)

Plusieurs d'études d'impact du changement climatique sur les hydrosystèmes ont été menées au cours de la dernière décennie, en France et dans plusieurs grands bassins versant français. Quelques exemples de résultats robustes et non robustes seront présentés, sur les débits moyens, les étiages, les crues et quelques éléments de la qualité des eaux.

Contribution au plan d'adaptation au changement climatique du bassin Seine Normandie

L'agence de l'eau Seine-Normandie, après une période d'hésitation, fut une des premières à s'intéresser aux possibles conséquences du changement climatique, dès le début des années 2000. Sous son impulsion, le conseil scientifique du comité de bassin de Seine-Normandie s'est ensuite saisi de la question et a commencé par une synthèse des connaissances disponibles, qui reposent largement sur la modélisation, et pointent notamment le risque d'une baisse des ressources en eau mobilisables au 21^{ème} siècle. Ces résultats ne sont bien sûr pas pris comme des prévisions, mais comme des éventualités pour alimenter la réflexion sur les difficultés qui peuvent être posées par le changement climatique dans le territoire. La démarche a abouti à introduire explicitement l'enjeu du changement climatique dans le SDAGE 2016-2021, et puis à l'élaboration d'une stratégie d'adaptation au changement climatique, qui vient d'être acceptée à l'unanimité par le comité de bassin. En tant qu'actrice de cette démarche sur la durée, il ressort qu'une difficulté majeure est de proposer une vision d'ensemble conciliant différentes échelles, depuis celle très régionale où l'on peut appréhender le changement climatique, à celles où se déclinent actuellement les différentes politiques de l'eau, sans oublier les nécessaires arbitrages locaux. Une autre difficulté est de concilier différents secteurs souvent antagonistes dans leur appropriation de la ressource en eau : c'est tout l'enjeu de l'adaptation.

La communication porte sur la synthèse de l'atelier international sur les PSE (paiements pour services environnementaux) organisée en France en 2014 et ayant regroupé des économistes, des juristes, des écologues, des philosophes et bien d'autres encore, pour dialoguer autour de la mise en œuvre des PSE.

L'incertitude sur les frontières de l'objet des PSE pose en fait les questions suivantes :

- ✓ Les PSE ont-ils besoin d'un régime juridique spécifique ou les instruments existants suffisent-ils à l'accueillir dans le droit ?
- ✓ Quelle distinction y-a-t-elle entre les services écosystémiques et les services environnementaux et quels sont leurs cadres contractuels éventuels ?
- ✓ Quelles sont les différentes visions multidisciplinaires développées autour des PSE pour répondre à la question d'équité et d'efficacité ?
- ✓ Quels liens y-t-il entre la logique de compensation (des coûts d'opportunité) et celle de récompense (des comportements écologiquement vertueux) ?
- ✓ Quel est l'enjeu de la dimension des droits de propriété dans les systèmes de PSE ?
- ✓ Comment concevoir les schémas de PSE pour gérer les crises écologiques au niveau territorial ?

- ✓ Comment coordonner un mix des politiques pour inciter à l'investissement dans le capital naturel et promouvoir la transition écologique ?

LA PRISE DE CONSCIENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE PAR LE MONDE AGRICOLE ; COMMENT EVITER L'INACTION FACE AUX DOUTES ?

par Frédéric LEVRAULT¹

Développer une action ambitieuse d'information articulée sur les territoires

Le sujet du changement climatique prend une place croissante chez les agriculteurs, leurs responsables professionnels et leurs conseillers techniques. Mais chez tous ces acteurs, des faiblesses demeurent qui freinent la mise en œuvre de l'adaptation :

- des lacunes sur les mécanismes en jeu et les leviers d'action, notamment sur la dimension hydrique du changement climatique ;
- une difficulté à faire le lien entre l'échelle globale et l'échelle locale ;
- une vision souvent focalisée sur l'aléa et les événements extrêmes ;
- la prééminence du court terme sur le long terme.

Pour y remédier, une action ambitieuse d'information sur le changement climatique et l'adaptation de l'agriculture est à développer. Elle doit être articulée sur la diversité des territoires et de leurs spécificités climatiques et agricoles.

Répondre au besoin d'une expertise locale en adaptation

En matière d'adaptation au changement climatique, chaque organisation professionnelle agricole territoriale devra développer une capacité d'expertise et de conseil dans le domaine de la gestion de l'eau. Or, la complexité des concepts (scénarios RCP, descente d'échelle, ...) et des outils (modèles GCM x modèles agronomiques) et les incertitudes associées les en empêchent actuellement.

Dans le cadre des services climatiques, les voies doivent être examinées de mise au point d'outils "simples et opérationnels" permettant à ces organisations de remplir leur mission dans l'ample mouvement d'adaptation que devra opérer le monde agricole.

Plan d'adaptation de bassin : à inscrire dans le temps long

Avec une rapidité qu'il faut louer, les six Agences de l'Eau sont parvenues à élaborer des plans d'adaptation au changement climatique. On y trouve un catalogue assez complet d'actions d'adaptation, mais qui appelle cependant trois compléments :

- hiérarchisation des adaptations (efficacité, coût/efficacité) ;
- calendrier pluri annuel de réalisation, objectifs intermédiaires, objectif final ;
- évaluation a posteriori de l'adaptation.

En matière d'adaptation au changement climatique, la gestion quantitative de l'eau devra ainsi s'inscrire dans le temps long, qui est le temps des évolutions climatiques en cours.

¹ Expert « changement climatique » de l'Assemblée permanente des chambres d'agriculture.

INFLEXIONS À DONNER À LA POLITIQUE DE GESTION PARTICIPATIVE DE L'EAU DANS LA PERSPECTIVE D'UN CHANGEMENT CLIMATIQUE

par Michel DANTIN¹

PRENDRE LA MESURE DU LIEN EAU & AGRICULTURE : DES IMPACTS SOCIAUX, ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

a. L'agriculture est une source importante de pollution de l'eau....

- Impact sur la qualité : pollution par les engrais et les pesticides.
- Impact sur la quantité : irrigation, prélèvements excessifs.
- L'agriculture joue un rôle non négligeable dans les retards du « bon état de l'eau » au titre de la Directive-cadre sur l'eau (DCE).

b. ...mais les agriculteurs sont aussi dépendants de l'eau dans leur activité

- Sans eau, pas de récolte.
- Le coût des sécheresses et des restrictions d'irrigation pour l'agriculture (perte de 30 à 50% de marge brute, lien irrigation/création d'emploi).

RENFORCER LE DIALOGUE INTERSECTORIEL, DES TERRITOIRES À BRUXELLES

a. Créer les conditions d'un dialogue entre le secteur de l'eau et les autres domaines de l'économie qui ont un impact important sur cette ressource....

- L'adoption d'une approche multisectorielle de la politique de l'eau est indispensable pour limiter la pression des secteurs de l'économie (notamment l'agriculture ou les produits pharmaceutiques).
- Intégrer des mesures de gestion durable de l'eau dans les politiques sectorielles.

b. ...mais aussi entre les différents acteurs à tous les niveaux de gouvernance

- Un cadre de gouvernance renforcé doit permettre un meilleur dialogue entre les acteurs de l'eau et les acteurs des autres secteurs, aux niveaux local, régional, national et européen.
- L'exemple positif de la *Task force* « eau & agriculture » de la Commission européenne.
- Rendre les acteurs locaux responsables du bon état de l'eau.

INTÉGRER L'EAU DANS L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

a. Poser les bases d'un système de gestion de l'eau durable dans le temps

- Réponde à la demande en eau des différents secteurs, mais aussi aux défis du 21^e siècle (croissance démographique, changement climatique).
- Les principes de l'économie circulaire : prévenir, réutiliser, recycler.
- Les pratiques agricoles à améliorer.

b. Des solutions existent, libérons le potentiel de l'innovation

- Le cas de la réutilisation des eaux usées - vers la définition de critères minimums de qualité sur le plan européen (2017-2018)

¹ Maire de Chambéry, député européen, président du Comité de bassin Rhône-Méditerranée.

COMPTE-RENDU ET CONCLUSION

La gestion de l'eau au défi des incertitudes

par Guy FRADIN¹

Initiée par Louis HUBERT, correspondant de l'Académie (section 7), en fonction à l'agence de l'eau Seine-Normandie comme directeur de la stratégie territoriale, cette séance visait, à travers le témoignage des agences de l'eau, la dimension hydrique du changement climatique, marquée – et c'est une grande difficulté – par beaucoup d'incertitudes, que ce soit pour la caractériser ou pour s'y adapter.

Agnès DUCHARNE, correspondante de l'Académie, directrice de recherches au CNRS, ancienne membre du conseil scientifique de l'agence de l'eau Seine-Normandie, a montré, s'il en était besoin, comment les modèles (climatique, hydrologique, agronomique), malgré leurs imperfections, permettaient de mieux cerner la vulnérabilité des hydrosystèmes, et constituaient une aide à l'élaboration d'une stratégie d'adaptation au changement climatique. La question est difficile, tant il apparaît que l'assèchement des sols devrait entraîner une intensification de l'irrigation et qu'une baisse inquiétante des débits d'étiage risque d'être accentuée par une augmentation des prélèvements d'eau par l'agriculture. Ceci étant, des simulations à partir des modèles laissent espérer une agriculture plus résiliente et plus robuste face au changement climatique grâce à des changements de techniques agronomiques et à un développement de la sélection et de la conception des semences ainsi que des mélanges variétaux.

Frédéric LEVRAULT, expert « changement climatique » de l'assemblée permanente des chambres d'agriculture, nous a fait part de ses relations avec les professionnels agricoles qui font appel à lui (dans la moitié des départements métropolitains actuellement). La prise de conscience existe aussi bien en ce qui concerne le changement du climat que sur celui des pratiques qui sera nécessaire ; mais passer de l'idée au projet n'est pas facile, compte tenu des incertitudes qui pèsent sur le futur. Il y a en fait un grand besoin d'une expertise portée localement. Certaines formes d'adaptation apparaissent clairement comme le décalage du calendrier des cycles de culture ou de la mise à l'herbe des bovins, mais le message d'une adaptation au changement climatique autrement que par la construction de nouvelles retenues d'eau a du mal être admise ; il faudra bien pourtant de nouvelles variétés culturales, un travail du sol induisant une meilleure infiltration, une nouvelle gestion de l'espace ouverte sur l'agroforesterie...

Michel DANTIN, marqué par ses responsabilités politiques à trois niveaux (maire de Chambéry, président du comité de bassin Rhône-Méditerranée et député européen), a donné à son témoignage une coloration sociologique. Convaincu que les acteurs de l'eau devaient s'approprier la problématique d'une adaptation de leurs usages, en s'informant et en dialoguant au niveau local et ensuite seulement au niveau national et dans un autre temps au niveau européen, si une inflexion de la politique de gestion participative de l'eau s'avérait nécessaire, il a insisté sur l'importance d'une production et d'une grande diffusion de données. Par ailleurs, ayant fait observer qu'il n'y avait pas officiellement de lien à Bruxelles entre les réflexions relatives à la politique agricole commune et celles ayant trait à l'eau, il a rendu hommage à ceux qui essayaient de créer des ponts entre ces deux domaines. Débordant du champ européen, il a vivement conseillé aux chercheurs et aux gestionnaires de l'eau d'examiner de près ce qui se faisait sur la rive sud de la Méditerranée confrontée depuis longtemps aux problèmes qui sont maintenant les nôtres.

¹ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture.

Ouvrant le débat qui a suivi ces interventions, Hervé LE TREUT, membre de l'académie des sciences et de notre académie, membre du groupe intergouvernemental pour l'évolution des climats et conseiller « changement climatique » pour la région Nouvelle Aquitaine a réagi à tout ce qui avait été exposé en soulignant, lui aussi, l'importance de multiplier les données au niveau local (en l'occurrence le niveau de la grande région ou du grand bassin hydrographique) pour que les citoyens s'approprient notre préoccupation. Il a ouvert le champ des disciplines concernées par la problématique d'une adaptation au changement climatique en l'étendant aux questions de droit, en particulier à celles qui concernent les assurances. Enfin, il a souligné la pertinence d'une réflexion sur les impacts hydrologiques du changement climatique alors que ceux-ci n'ont pas été abordés dans les accords de la COP 21.

Du débat nourri auquel a donné lieu cette séance, il y a lieu de retenir trois interrogations fortes :
celle de Jean DUNGLAS sur un nouveau grand service à attendre des exceptionnelles infrastructures hydrauliques du sud-est de la France construites dans les années 60, sujet qui n'apparaît pas comme prioritaire pour Frédéric LEVRAULT qui ne veut pas trop rassurer les agriculteurs avec des perspectives d'abondance hydrique ;
celle de Christian LEVEQUE sur les rivières dont certaines n'auraient plus d'écoulements pendant les périodes d'étiage, alors que certains préconisent l'effacement de tous les seuils qui retiennent l'eau ;
celle de Catherine REGNAULT-ROGER qui appelle l'attention de notre député européen sur l'enjeu de la sélection de nouvelles semences pour supporter le stress hydrique, ce qui nécessitera peut-être l'adoption de méthodes génétiques devant être soumises au parlement européen.

Conclusion de la séance

Guy FRADIN, correspondant de l'Académie, président des conseils d'administration de l'agence de l'eau Rhin-Meuse et de l'école nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg, gouverneur du Conseil mondial de l'eau et secrétaire général de « l'international water resource association » a articulé son propos autour des trois axes qui ont structuré cette séance « la gestion de l'eau au défi des incertitudes », après avoir donné, avec certitude, son point de vue sur l'impérieuse nécessité d'aborder les problèmes posés à l'échelle territoriale pertinente :

- faisant référence à l'exposé d'Agnès DUCHARNE, ce qu'on attend du scientifique, c'est qu'il simplifie les problèmes en diminuant les incertitudes, qu'il valide les solutions et les décline régionalement ;
- faisant référence aux exposés de Frédéric LEVRAULT et de Michel DANTIN, ce qu'on attend des agriculteurs, c'est qu'ils changent (prise de conscience, information, appel à l'expertise et changement de pratiques, en particulier économies d'eau...) ;
- ce qu'on attend du politique, c'est qu'il fixe les objectifs et les voies pour les atteindre ; ainsi, en matière d'eau et d'agriculture, on ne peut pas s'enfermer dans un choix entre une vision malthusienne (l'agriculture s'adapte aux économies d'eau ou disparaît) et une vision « technologique » (construisons des réserves) ; il y a une place pour une politique intermédiaire à porter par le ministère chargé de l'agriculture, valorisant de multiples solutions liées au territoire et au cadre de dialogue qui y sera instauré ;
- enfin, ce qu'on attend de l'Académie, c'est qu'elle appuie l'Administration dans cette approche qui est un enjeu national du futur proche dont dépend l'avenir de nos territoires et d'une bonne partie de notre agriculture, par ce qu'elle sait faire dans le cadre de groupes de réflexion mobilisant la variété et la complémentarité des sections (mobilisation de savoirs et leur validation, permettant de préciser les conséquences pratiques et stratégiques de politiques envisagées).

RÉSEAUX SOCIAUX ET AGRICULTURE

Séance organisée par Jérôme **GRASSIN**¹

Parmi les 3 constituants principaux du bois que sont la cellulose, les hémi-celluloses et la lignine, seule la cellulose, sous la forme de fibres, a été utilisée à grande échelle, et quasi exclusivement dans le secteur du papier. Aujourd'hui, à l'échelle micro et nano, ces fibres révèlent des propriétés inattendues, permettant d'offrir non seulement des caractéristiques très innovantes à des produits traditionnels, mais aussi d'être utilisées dans des applications qu'on n'aurait pas imaginées il y a encore peu de temps. De nouveaux procédés chimiques et physico-chimiques ouvrent également la voie à de nouvelles applications pour les hémi-celluloses et la lignine. Tout ceci s'articule autour du concept de bio-raffinerie, avec une évolution déjà entamée d'ailleurs par certaines usines de pâte à papier. L'objet de la séance publique est de présenter les développements récents en France et au niveau international offerts par le « bio-raffinage » des constituants du bois et leurs applications multiples.

LES BELLES PROMESSES DES NANOCELLULOSES

par Julien **BRAS**¹

Ces dernières années ont vu l'avènement d'une nouvelle catégorie de sous-produits du bois : les nanocellulose. Obtenues à partir de fibre cellulosique, leur taille nanométrique leur confère des propriétés intrinsèques exceptionnelles que ce soit au niveau mécanique, barrière ou en ce qui concerne leur auto-organisation. Ces dernières peuvent ainsi être tout aussi bien utilisées dans le domaine du papier, de l'emballage, de l'électronique, des cosmétiques, des composites structuraux, de l'alimentaire, des peintures, du pharmaceutique, des dispositifs médicaux, etc...

Nous sommes passés en moins de 10 ans de 30 brevets par an et 100 publications scientifiques par an à 250 brevets et plus de 1000 publications chaque année. Leur industrialisation est en marche quel que soit le continent et elles ont été considérées comme la deuxième priorité de la bio-économie européenne en 2016.

Deux familles de nanocellulose peuvent être produites : les celluloses nanocristallines obtenues par traitement acide et les cellulose microfibrillées obtenues par traitement mécanique après le plus souvent un prétraitement de la fibre. Cette intervention présentera rapidement les procédés d'obtentions des différentes nanocellulose pour ensuite montrer via quelques exemples concrets des applications prometteuses et innovantes.

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, Président du CTP, Administrateur de l'IGN.

¹ Maître de Conférences, Membre de l'Institut Universitaire Français - IUF (2016-2021), Directeur Adjoint du LGP2, Responsable du Dept "Materiaux Biosourcés Multi-échelle",
LGP2 - Unité Mixte de Recherche 5518 INPG-CNRS - Laboratory of Pulp & Paper Science
BP 65 - 461 Rue de la Papeterie F-38402 Saint-Martin d'Hères Cédex
Tél. +33 (0)4 76 82 69 15 / Fax: +33 (0)4 76 82 69 33
Julien.Bras@pagora.grenoble-inp.fr



Innovier pour un avenir durable des matériaux papiers cartons

Bien que confronté à une concurrence très forte (autres matériaux, nouvelles technologies de communication), le secteur industriel français des « Forêt-Bois-Papier » connaît aujourd'hui de nouvelles opportunités. Volonté politique, croissance de la ressource, contexte énergétique, taxe carbone, nouvelles exigences du consommateur et nouvelles technologies sont autant de facteurs encourageants pour la filière, redonnant au secteur des pâtes-papiers-cartons les atouts pour rebondir. Un contexte économique favorable qui doit, par la voie de l'innovation, profiter aux acteurs industriels français.

Biosourcé et recyclable, le papier présente toutes les qualités du matériau vert. Aujourd'hui largement reconnu dans son rôle initial de produit de commodité, il joue son avenir sur des territoires encore inexploités :

« Des ressources durables... biomasse, eau, énergie »

Les papiers cartons sont les 1^{ers} composites biosourcés directement concernés par trois piliers majeurs des ressources durables : eau, énergie, biomasse. Pour la biomasse, une révolution scientifique et technologique se prépare avec la chimie des eutectiques vers un procédé à moindre impact environnemental pour extraire la cellulose de nos forêts françaises et urbaines et améliorer les procédés de recyclage pour trier et isoler la bonne fibre pour le bon usage.

« Emballages modernes et intelligents »

Le papier conforte aujourd'hui ses avantages concurrentiels vis-à-vis du plastique en développant ses propriétés barrières à l'eau, aux graisses, au gaz, aux odeurs.

30 % plus léger et tout aussi performant, il peut aujourd'hui relever le défi du transport vert.

A l'heure du monde connecté, l'emballage évolue dans ses procédés d'impressions, pour lui donner l'interactivité avec une électronique imprimée et fonctionnelle. Il s'inscrit ainsi dans la lutte anti-contrefaçon, la traçabilité des produits emballés...

« L'écriture moderne »

L'imprimé n'est pas en reste pour demain, une écriture moderne et connectée. Support d'émotions, de connaissances et d'information, le papier travaille sa « ligne », encore plus mince et séduisant tout en restant aussi opaque et rigide avec une économie de matière à la clé !

L'impression numérique rapide permet de repenser à l'échelle du territoire le lien du consommateur avec des supports personnalisés et adaptés.

Aujourd'hui, les innovations pour les imprimés se jouent principalement autour de l'écoconception visant à faciliter le désencrage et le recyclage. Pour répondre à cette exigence environnementale, la recherche concentre sa réflexion sur l'élaboration de colles hydrodispersibles, le désencrage des impressions jet d'encre pour lever les freins aux recyclages.

« Hygiène...bien être ! »

Les produits d'hygiène bénéficient eux aussi d'innovations remarquables pour plus de douceur et de confort. Ces progrès sont aujourd'hui possibles par un choix intelligent de fibres et un traitement mécano-enzymatique, pour un produit fini toujours aussi résistant ! Améliorer la capacité d'absorption est un autre axe de recherche exploré.

« Des spécialités très techniques ! »

Le domaine qui cristallise de nombreuses innovations est bien celui des papiers « spéciaux ». Ils sont un concentré de science et de savoir-faire technologique, hautement confidentiel, protégé et à forte valeur ajoutée. Ces produits (papier décor, barrière aux ondes, revêtement mural interactif ou bioactif) mutent vers un monde moderne hyper connecté. Les dernières innovations : une batterie 100 % cellulose biosourcée et recyclable ou des films cellulosiques transparents à l'assaut du high-tech... et pourquoi pas, demain, la mémoire et l'écran des smartphones en cellulose.



Centre de Recherches sur les Macromolécules Végétales
Grenoble

Auto-assemblage de biomolécules pour les biomatériaux de demain

Contexte: L'étude des matériaux nano-organisés à des échelles sub-nanométriques menant à la conception de dispositifs de nouvelle génération et utilisés dans différentes applications (micro-électronique, santé, transports,...) fait actuellement l'objet de nombreuses recherches très compétitives à l'échelle nationale et internationale. Les briques élémentaires (molécules ou macromolécules) utilisées pour la conception de ces matériaux sont généralement **issues du pétrole** et plus précisément de systèmes de type copolymères à blocs synthétiques. Bien que l'état des recherches soit très avancé dans la conception de ces nanomatériaux, les dimensions de la nanostructuration sont limitées, sauf à de rares exceptions, à une faible résolution qui constitue aujourd'hui un frein majeur pour le développement de nouvelles générations de matériaux et par conséquent les dispositifs de demain.

Défi: Ces dernières années, un intérêt considérable s'est porté sur le développement de matériaux nanométrique, cette fois-ci **biosourcés**. En effet, les avancées constantes en chimie (respectueuse de l'environnement) et physico-chimie des biopolymères ont montré qu'il est possible de structurer la matière de façon contrôlée à l'échelle moléculaire, permettant ainsi d'envisager la conception de nouveaux **biomatériaux nanostructurés** dont les propriétés et les performances des dispositifs devraient surpasser celles de leurs homologues issus du pétrole.

Objectif: La conception par auto-assemblage de ces nouveaux biomatériaux à base de briques élémentaires biosourcées (carbohydrates : sucres, oligosaccharides, glycopolymères,...) devrait aboutir à la mise sur le marché de nouvelle génération de dispositifs en vue d'applications multiples : nouveaux procédés lithographiques (masque saccharidique biodégradable), électronique flexible (glycopolymère semi-conducteur pour le photovoltaïque), biosenseurs : reconnaissance moléculaire (sucres/protéines), ...

Retombées: Les travaux menés actuellement ont pour objectif l'élaboration de **matériaux biosourcés nanostructurés** principalement pour le développement de nouvelles surfaces « intelligentes » à haute résolution, des assemblages tridimensionnels nanostructurés et glyconanoparticules fonctionnalisées (ciblage et relargage contrôlé de principes actifs). Ces travaux pourraient contribuer modestement, espérons-le, à la valorisation de la biomasse en remplacement progressif des molécules/macromolécules issues du Pétrole.

*Redouane Borsali,
Directeur de Recherches au CNRS
Directeur de l'Institut Carnot POLYNAT
Responsable Equipe de Recherches au CERMAV
@mail : borsali@cermav.cnrs.fr*

Domaine Universitaire, 601 rue de la Chimie,
St Martin d'Hères
Adresse postale : CERMAV,
BP 53, 38041 Grenoble cedex 9, France
Directeur : Redouane BORSALI
Tel : +33 6 63 71 72 57
E-mail : borsali@cermav.cnrs.fr
<http://www.polynat.eu>



par Jérôme GRASSIN

Compte rendu de la séance du 15 mars 2017

“ Les produits futurs à base de bois “

La séance portait non pas sur les futures utilisations du bois sous forme massif ou comme combustible, mais sur les applications des constituants eux mêmes du bois, à savoir principalement la cellulose, les hémicelluloses, la lignine.

Jusqu'à tout récemment, l'industrie s'est uniquement focalisée depuis des décennies sur la production de cellulose, afin de répondre aux besoins croissants du marché des papiers et cartons. En 2015 on a ainsi produit dans le monde 406 Mt de papier et 178,5 Mt de pâte à papier, c'est à dire de cellulose.

Les recherches récentes sur la cellulose à l'échelle micrométrique ou nanométrique, font apparaître des propriétés nouvelles. Après avoir présenté les procédés pour produire soit des micro-fibrilles, soit des nano-fibrilles, soit des nano-cristaux, on a pu voir les perspectives d'application sous forme de mousses ou d'aéro-gels, de films minces transparents, de couches barrières antimicrobiennes, de constituants pour réparer des tissus mous dans le domaine médical, d'agent modificateur de rhéologie, ou d'élément d'encapsulation de principe actif en vue d'une libération contrôlée du principe, pour ne citer que quelques exemples.

Il est à noter une augmentation très forte ces dernières années de l'effort de recherche dans tous les grands pays, Europe, USA, Canada, Japon et bien sûr Chine, dans ce domaine des micro et nano-celluloses.

Concernant le papier carton, l'utilisation de solvant eutectique DESs (Deep Eutectic Solvents) pourrait révolutionner l'extraction sélective de la cellulose et des autres constituants. Travaillant à beaucoup plus basse température que le procédé kraft actuel, il permettrait d'utiliser non seulement le bois, comme matière première, mais les vieux papiers, des déchets agricoles ou des plantes annuelles. Il est en au stade du laboratoire et fait l'objet d'une collaboration européenne large.

Pour réduire le grammage et améliorer de manière sélective les propriétés de la feuille de papier, on agit sur la composition du jet lors de la formation de la feuille, en introduisant en particulier des microfibrilles de cellulose, et on forme une stratification des différentes couches formant la feuille.

Un des handicaps du papier traditionnel est sa faible résistance à l'eau. La chromatogénie qui consiste à effectuer un greffage d'acides gras sur la feuille, rend le papier hydrophobe et en fait une barrière aux graisses ou à l'oxygène. Le procédé est déjà industrialisé, en Corée, par exemple pour la fabrication de sacs. Cela permet de supprimer le revêtement silicone et rend le papier facilement recyclable et permet de remplacer les sacs en plastique.

Pour le carton ondulé, l'introduction de microfibrilles de cellulose dans le papier pour ondulé (PPO) améliore les caractéristiques mécaniques de l'emballage, et renforce sa résistance en milieu humide.

Grace à des encres conductrices on peut désormais donner des fonctionnalités électroniques au papier. Impression d'étiquettes RFID pour identification à distance du contenu d'un emballage, revêtements muraux barrières aux ondes électromagnétiques, titres sécurisés anti contrefaçon, batteries 100% cellulose et recyclable, papiers bioactifs dans le domaine de la santé, sont autant de

produits désormais disponibles. En travaillant à l'échelle micro et manométrique, on prépare les premiers démonstrateurs de panneaux photovoltaïques, ainsi que des films transparents, entièrement à base de cellulose, pour l'affichage hi-tech.

Dans une vision plus prospective, une nouvelle chimie basée sur un auto-assemblage de briques élémentaires, tels que des glycopolymères ou des copolymères bio-sourcés, ouvre la voie à la création de bio-matériaux, pour la santé, les cosmétiques ou l'électronique flexible pour ne prendre que quelques exemples. Cette approche permet de structurer la matière de manière très régulière à l'échelle nanométrique et donc d'obtenir, par exemple, des structures en films minces permettant l'utilisation de la nanolithographie.

Bien que la lignine n'ait pas fait l'objet de présentation spécifique, un certain nombre d'exemples de valorisation à l'échelle industrielle existent. Le procédé Lignoboost permet d'extraire une partie de la lignine dans la boucle de régénération des produits chimiques du procédé kraft, valorisé soit sous forme de combustible alternatif, soit dans la fabrication de granulés pour l'alimentation animale, soit comme additif pour le béton dans les forages pétroliers. D'autres producteurs la valorisent dans des teintures pour textiles, des céramiques, ou encore des pesticides. Une valorisation sous forme de fibre alternative à la fibre de carbone a été expérimentée à l'échelle du laboratoire.

Une unité industrielle produisant du biodiesel, à partir du tall oil provenant des résineux, a démarré récemment en Finlande.

Par contre plusieurs unités, qu'on peut qualifier de gros pilotes, commencent à produire des micro-fibrilles et des nanocelluloses.

Force est de constater que les seuls industriels véritablement impliqués dans cette recherche de valorisation des constituants du bois, sont des membres de la filière traditionnelle pâte-papier - carton. Certains sont complètement sortis de la fourniture classique de pâte marchande de commodité, trouvant une bien plus grande valeur ajoutée dans ces applications nouvelles.

On pourrait imaginer une dynamique beaucoup plus rapide, vu les perspectives très prometteuses dans de nombreux domaines. Est-ce dû à la taille industrielle des unités actuelles, à l'intensité capitalistique de l'industrie de la pâte et du papier, à la difficulté à faire cohabiter une culture d'industrie lourde traditionnelle avec la souplesse et la réactivité nécessaire au développement dans des secteurs complètement étrangers, on peut s'étonner de ne pas voir plus de start-ups s'emparer de ces opportunités. Par ailleurs le bois, sous sa forme de rondins d'éclaircies, matière première principale de la fabrication de fibre vierge, est-il un frein à l'arrivée d'acteurs de l'industrie chimique ou autre, nécessitant une mise en forme préalable au moins comme copeaux ?

Un autre élément qui mérite réflexion, au moins au niveau national, est l'absence de politique volontariste pour développer cette approche de valorisation des constituants du bois, alors que nous disposons de cette matière première sur notre territoire. Force est de constater qu'on est bloqué, dès qu'on quitte l'échelle du laboratoire et qu'on veut aborder le stade pilote et à fortiori industriel.

CONTAMINANTS VÉGÉTAUX NATURELS : SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET GESTION DU RISQUE

Séance organisée par Marc **DELOS**¹ et Dominique **PARENT-MASSIN**²

Les risques d'origine anthropique liés aux produits chimiques divers pesticides, biocides ou médicaments, font actuellement l'objet de toute l'attention des médias en termes de communication de dangers qui menacent les Hommes et leur environnement. Cette communication est très incomplète car elle néglige les autres dangers plus naturels liés à des contaminants biotiques : microorganismes et substances produites par certains de ces microorganismes (ex : mycotoxines), ou substances toxiques des plantes elles-mêmes (ex : alcaloïdes du datura). Ces risques ne sont pas nouveaux et les méthodes modernes et actuelles de production (contrôle des insectes ravageurs ou d'adventices) auraient même tendance à les réduire par rapport à un passé pas si lointain. Cette séance a pour objet de faire le point sur les différents dangers liés aux champignons ou plantes toxiques les plus communes en France et menaçant la santé des consommateurs s'ils sont présents dans les produits bruts ou élaborés. Face à ces contaminants naturels, quelle gestion du risque est mise en œuvre ? La question sera traitée au niveau européen et français.

LE RISQUE MYCOTOXINE EN FRANCE ET EN EUROPE

Dr. Isabelle **OSWALD**¹

Les mycotoxines sont des produits du métabolisme secondaire de moisissures pouvant se développer sur la plante au champ ou en cours de stockage et doués de potentialités toxiques à l'égard de l'homme et des animaux. Plus de 300 métabolites secondaires ont été identifiés mais seule une trentaine possède de réelles propriétés toxiques préoccupantes. Les mycotoxines sont secrétées par des moisissures appartenant notamment aux genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium*. Deux groupes de champignons toxigènes peuvent être distingués. Le premier type est constitué de champignons envahissant leur substrat et produisant la mycotoxine sur plantes sénescents ou stressées (*Alternaria*, *Fusarium*) ; il est alors question de toxines de champs. L'autre groupe regroupe ceux qui produisent les toxines après récolte (*Aspergillus*, *Penicillium*), on les qualifie de toxines de stockage.

Les mycotoxines se retrouvent à l'état de contaminants naturels de nombreuses denrées d'origine végétale, en particulier les céréales mais aussi les fruits, noix, amandes, grains, fourrages ainsi que les aliments composés et manufacturés issus de ces filières. Du point de vue agro-alimentaire et sanitaire les toxines considérées comme "majeures" sont les aflatoxines, les ochratoxines et la patuline produites par les *Aspergillus* et les *Penicillium*, les fumonisines, la zéaralénone et les trichothécènes, notamment le déoxynivalénol et la toxine T-2 élaborés par les *Fusarium*.

¹ Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France.

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

¹ INRA, Unité de Toxicologie Alimentaire, Toulouse, France.

CONTAMINANTS VÉGÉTAUX NATURELS

Séance du 22 mars 2017

Historiquement, la mycotoxicose la plus anciennement connue en France, est l'ergotisme. Certaines mycotoxines ont une toxicité aiguë très marquée (exposition unique à une forte dose), mais il est exceptionnel en Europe d'être exposé à des doses toxiques en une seule ingestion d'aliments contaminés. Dans tous les cas, les effets chroniques (exposition répétée à de faibles voire très faibles doses) sont les plus redoutés en raison des habitudes alimentaires et du pouvoir de rémanence de ces toxines souvent résistantes aux températures et aux procédés technologiques mis en œuvre dans l'industrie alimentaire. L'exposition chronique aux mycotoxines peut engendrer des déficits insidieux en élevage comme la réduction des performances zootechniques et de reproduction ou encore la sensibilité accrue aux infections.

La toxicité des mycotoxines est très variable, certaines toxines exerçant un pouvoir hépatotoxique voire cancérigène (aflatoxines), d'autres se révélant avoir un potentiel œstrogénique (zéaralénone), immunotoxique (patuline, trichothécènes, fumonisines), néphrotoxique (ochratoxine A) ou neurotoxiques.

La découverte des aflatoxines remonte à l'élucidation de la maladie X du dindon apparue en 1961 en Angleterre, suite à la consommation par ces volailles d'aliments contaminés par des tourteaux d'arachide importés et contenant de fortes teneurs en toxines. L'hépatotoxicité est la caractéristique majeure de ces toxines et notamment de l'aflatoxine B1. Elle conduit à des carcinomes hépatocellulaires observés chez toutes les espèces, dont le cancer primitif du foie atteignant l'Homme dans de nombreuses zones tropicales et sub-tropicales. Cette mycotoxine affecte également la croissance et présente des effets immunosuppresseurs en agissant en particulier sur l'immunité à médiation cellulaire. L'ochratoxine A est reconnue comme l'agent causal d'une néphrite avec dégénérescence des tubules proximaux, identifiée en Scandinavie chez le porc et la volaille. Causant de nombreuses pertes économiques liées à la baisse de qualité des carcasses de porc, cette toxine s'est également avérée tératogène, hépatotoxique et immunotoxique chez les espèces de laboratoire. Le déoxynivalénol est produit par des champignons du genre *Fusarium*. Il est également immunotoxique et provoque des baisses de performance, des refus alimentaires et des gastro-entérites. A très forte dose des vomissements peuvent être observés. La zéaralénone est une autre fusariotoxine, de nature lactone macrocyclique, dotée d'une forte affinité à l'égard des récepteurs œstrogènes. Elle est à l'origine d'un syndrome œstrogénique fréquent chez le porc. La fumonisine B1 possède une structure voisine des sphingolipides. La symptomatologie varie d'une espèce à l'autre, les plus sensibles étant le cheval qui développe une leuco-encéphalomalacie et le porc qui est atteint d'œdème pulmonaire. Chez toutes les espèces, y compris les espèces de laboratoire, la fumonisine B1 déprime les systèmes immunitaires de défense de l'organisme. Chez l'Homme, la contamination alimentaire par la fumonisine B1 est corrélée à un défaut de fermeture du tube neural et à l'apparition de cancers de l'œsophage. Chez toutes les espèces, les signes toxiques lors d'une exposition aiguë à la patuline correspondent à une neurotoxicité (agitation, convulsions) associée à une congestion pulmonaire avec ulcération et inflammation intestinales. L'exposition chronique conduit à des signes de neurotoxicité (tremblements, convulsions) et à une inhibition caractérisée de l'activité d'enzymes dans l'intestin et le cerveau avec des conséquences sur le métabolisme des lipides.

Les avancées dans le domaine des techniques analytiques ont mis en évidence des nouvelles mycotoxines. Parmi les toxines dites "émergentes", car moins bien caractérisées, on distingue la beauvericine, l'enniatine ou la moniliformine. Très peu de données sont disponibles sur la toxicité *in vivo* et *in vitro* de ces trois toxines.

Il a été mis en évidence récemment des mycotoxines dites "masquées" non détectées par les méthodes conventionnelles. Elles proviennent de différentes modifications des toxines parentes. Il s'agit de modifications d'origine biologique (mises en œuvre par une plante, le champignon ou un organisme animal) ou d'origine chimique comme par exemple lors de la mise en œuvre de procédés thermiques de transformation alimentaire. En raison du peu de données disponibles, les autorités sanitaires considèrent seulement les toxines "majeures", mais il faut continuer à étudier les autres formes, afin de définir et de prendre en compte leur toxicité éventuelle.

CONTAMINANTS VÉGÉTAUX NATURELS
Séance du 22 mars 2017

En conclusion, issues d'une contamination généralement reconnue comme d'origine végétale, les mycotoxines constituent un problème très actuel de qualité et de sécurité en alimentation animale. L'évaluation du risque mycotoxique demeure cependant délicate. En effet, ce risque est d'essence naturelle, l'homme n'en maîtrisant que partiellement la survenue (impact des conditions climatiques notamment). Il est pernicieux car la contamination fongique reste difficilement mesurable, de nouvelles toxines sont encore à découvrir et des évaluations nouvelles conduisent à réévaluer la toxicité de certaines mycotoxines². Enfin il peut être multiple en raison de la capacité d'une même moisissure à produire différentes mycotoxines ou parce que différentes moisissures peuvent contaminer le même végétal. Dans ces conditions, la règle générale est que plusieurs toxines d'une même famille structurale ou présentant des structures différentes se retrouvent dans le même produit alimentaire. L'évaluation de la toxicité de ces mélanges de toxines est plus complexe et dépend de nombreux facteurs : les toxines, leur ratio mais aussi la concentration du mélange.

**LES RISQUES LIÉS AUX ADVENTICES ET À LA RÉSURGENCE
DE MALADIES ANCIENNES**

par Béatrice **ORLANDO**¹ et Dominique **JACQUIN**²

On pensait qu'elles étaient de l'histoire ancienne, et pourtant, certaines maladies ressurgissent aujourd'hui. C'est le cas de *Claviceps purpurea*, champignon responsable de l'ergot du seigle. Ce phytopathogène est susceptible de se développer sur toutes les graminées, qu'elles soient cultivées, comme le seigle, le blé ou le triticale, fourragères, comme la fétuque ou le dactyle ou adventices, comme le vulpin ou le ray-grass. Contenant des alcaloïdes, sa présence dans les récoltes de céréales est susceptible de présenter des risques sanitaires pour l'homme comme pour les animaux. Ce champignon a causé de nombreuses épidémies au Moyen-Âge, où le seigle tenait une place importante dans l'alimentation. Alors qu'on le croyait éradiqué, il revient régulièrement contaminer les lots de céréales notamment depuis le début des années 2000.

La Commission Européenne suit de près ce contaminant. Après la Directive Européenne 2002/32 pour les denrées destinées à l'alimentation animale, c'est également le Règlement Européen 2015/1940 qui fixe dorénavant une limite maximale réglementaire d'ergot pour l'alimentation humaine, conditionnant ainsi l'accès aux marchés. Le contrôle de l'ergot présent dans les lots est donc indispensable. Pour aller plus loin, la Commission Européenne projette également de réglementer les alcaloïdes en 2017.

Pour mieux apprécier l'étendue de cette résurgence, ARVALIS – Institut du végétal a conduit une enquête sur le terrain³. Entre 2012 et 2016, plus de 3 000 parcelles agriculteurs de blé tendre, blé dur, orge, triticale et seigle ont été enquêtées selon une même méthodologie, au sein d'une démarche menée par ARVALIS-Institut du végétal en collaboration avec différents partenaires de la filière, dont FranceAgriMer. Ces travaux ont permis d'une part de déterminer l'occurrence de l'ergot présent au champ sur le territoire

² L'exemple le plus emblématique et le mieux renseigné relève du secteur médical avec le retrait des AMM de médicaments contenant des dérivés ergotés en 2013, suite à une réévaluation européenne, ayant conclu à un rapport bénéfice/risque défavorable. Il a été observé qu'aux doses prescrites ces spécialités pouvaient présenter un risque inacceptable d'effets indésirables de type fibrose ou ergostime, avec des données d'efficacité disponibles limitées. Le parallèle avec la contamination naturelle par des alcaloïdes d'ergot du seigle a conduit les toxicologues à recommander la prise en compte du dosage en alcaloïdes des produits de la récolte en sus de l'observation directe du champignon afin d'améliorer la marge de sécurité.

¹ Ingénieur Recherche Qualité Sanitaire – ARVALIS institut du végétal.

² Ingénieur des Ponts des Eaux et de Forêt – spécialiste MAAF

³ Ces travaux font suite aux résultats considérables obtenus par Dominique Jacquin auquel une étude a été confiée en lien avec le Ministère de l'Agriculture et l'INRA, soucieux d'anticiper et d'expliquer au mieux un risque sanitaire ré-émergent.

CONTAMINANTS VÉGÉTAUX NATURELS

Séance du 22 mars 2017

national depuis 2012, ainsi que la relation entre la contamination en ergot des cultures, et la production des alcaloïdes associés.

D'autre part, cette enquête pluriannuelle a permis d'identifier et de hiérarchiser quatre facteurs agronomiques influant sur les niveaux de contamination en alcaloïdes des céréales. La plante hôte constitue un facteur de première importance. Le seigle est la culture la plus sensible à la maladie, ce qui justifie l'appellation historique « ergot du seigle ». Le triticales est également identifié comme sensible à la maladie. Cette sensibilité s'explique par le degré d'allogamie des différentes cultures, les plantes allogames présentant une sensibilité supérieure à floraison.

Les graminées adventices jouent également un rôle de premier rang dans les contaminations en ergot des cultures. La présence de graminées en sortie d'hiver peut constituer une source de contamination de la récolte et de la parcelle à plus long terme. Cette contamination peut être directe (les sclérotés des graminées, non contrôlés se retrouvent dans la récolte) soit indirecte (les graminées servant de relais à l'ergot, avant de contaminer la céréale en floraison).

Le précédent cultural joue également un rôle : les précédents céréales, hôtes de la maladie, doivent être particulièrement surveillées, mais aussi plus largement toutes les cultures telles que le colza induisant des difficultés de désherbage, les graminées adventices entretenant l'inoculum dans les parcelles. La maîtrise des graminées est donc cruciale afin de limiter les risques sanitaires liés à l'ergot, quelle que soit la culture concernée. Compte tenu du développement des populations de vulpins et ray-grass résistants aux herbicides, le risque lié à l'ergot est amplifié, faute de solutions chimiques efficaces en sortie d'hiver ? Le recours au désherbage d'automne est donc une nécessité dans de nombreuses situations.

Le travail du sol profond permet d'enfouir suffisamment les sclérotés dans le sol pour que ces derniers germent dans le sol, empêchant l'émission des ascospores dans l'air, et donc la contamination des graminées à floraison.

L'importance de ces leviers agronomiques a pu être démontrée par ailleurs au travers d'essais analytiques. D'autres facteurs constituent des leviers pour gérer le risque ergot, mais ne sont pas identifiables au travers de cette approche d'enquête. C'est le cas de certains traitements de semences inhibant la germination des sclérotés présents dans les lots de semences. C'est le cas également de l'impact du choix variétal puisqu'il existe des différences de sensibilités à l'ergot, mais il n'existe pas aujourd'hui de dispositif d'évaluation permettant de caractériser les variétés.

Les travaux mis en œuvre depuis 5 ans ont permis de clarifier le caractère multifactoriel du risque ergot.

La lutte contre cette maladie s'articule autour de 3 axes :

- éviter d'introduire la maladie dans la parcelle : traitement de semences, maîtrise des graminées dans et autour des parcelles,
- éviter de multiplier l'inoculum : maîtrise du désherbage et adaptation du travail du sol,
- éviter de cultiver des espèces et variétés sensibles dans les situations à risque.

La maîtrise des graminées adventices joue donc un rôle primordial dans la lutte contre l'ergot. Au-delà de la problématique de l'ergot développée ici, la maîtrise du désherbage constitue également un levier incontournable dans la lutte contre les adventices toxiques susceptibles d'être présentes dans les cultures, et dont certaines peuvent notamment contenir des alcaloïdes tropaniques (datura, etc...) ou des alcaloïdes pyrrolizidiniques (sénéçons, etc...).

Outre les pratiques agronomiques, le climat reste le premier facteur explicatif des contaminations en ergot.

CONTAMINANTS VÉGÉTAUX NATURELS
Séance du 22 mars 2017

Plusieurs années d'études sont donc nécessaires pour avoir une vision objective de l'influence du climat. Si les températures hivernales rencontrées sur notre territoire permettent la germination des sclérotés, le champignon nécessite pour se développer des conditions printanières avec des pluies régulières : l'humidité environnante est un facteur déterminant tant pour la germination des sclérotés que la libération des ascospores.

**CONTAMINATION DES CÉRÉALES ET DU MAÏS PAR LES MYCOTOXINES :
ÉTATS DES LIEUX ET PISTES DE GESTION DU RISQUE**

par Alain **FROMENT**¹

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires produits principalement par les champignons pathogènes du genre *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* et *Alternaria*. Ces moisissures peuvent se développer sur les plantes en fonction des paramètres environnementaux ou lors du stockage. *Fusarium spp* comprend plusieurs espèces qui sont potentiellement productrices de toxines dans les grains. Les fusarioses de l'épi engendrent des baisses de rendement et une dépréciation de la qualité technologique et sanitaire des grains destinés à la consommation humaine ou animale.

Les mycotoxines concernées par le Règlement européen 1881/2006 étaient surtout recherchées dans les plans de surveillance en France et en Europe. Mais le nombre de contaminants analysés évolue en fonction des avis de l'EFSA, des recommandations de la Commission européenne et des spécifications des industriels de la transformation des grains.

Une synthèse permet d'établir l'occurrence des principales mycotoxines selon les cultures. Intercéales a publié en 2014 une préconisation de suivi du risque. Plus récemment, Arvalis-Institut du végétal a complété la liste des contaminants à intégrer dans les plans de surveillance.

Les conditions climatiques encadrant la floraison des blés (blé tendre et blé dur) expliquent la part la plus importante de la variabilité des teneurs en déoxynivalénol (DON) à la récolte. La compréhension des mécanismes et des facteurs qui interagissent contribue à gérer le risque mycotoxines. Elles concernent la gestion de l'inoculum de *Fusarium* par les pratiques culturales (précédent et travail du sol), l'utilisation de variétés peu sensibles et la lutte contre le champignon par des fongicides ou des produits de bio-contrôle. Ce travail a également été mené en maïs pour le DON, la zéaralénone et les fumonisines et pour les trichothécènes de type A (T2 et HT2) sur l'orge de printemps. L'application de bonnes pratiques pour la gestion du risque au champ est d'autant plus pertinente que ces contaminants, une fois synthétisés dans le grain, sont stables et difficiles à éliminer.

Les modèles de prévision du risque mycotoxines avant récolte constituent un enjeu déterminant pour les collecteurs de grains. De nombreuses études mentionnent une influence prépondérante du climat sur le développement des *Fusarium* et par la suite sur la production des mycotoxines. Syngenta a élaboré des modèles issus du traitement statistique de 17 années de référence avec un grand nombre de données d'analyses mycotoxines, de conditions agronomiques et climatiques issues de parcelles de production en céréales à paille et en maïs. Arvalis-Institut du végétal développe également ce type d'outil. L'utilisation croissante de ces modèles prédictifs depuis 2004, démontre l'attente forte des filières de transformation des grains pour pouvoir anticiper la qualité des récoltes. Il permet aux organismes stockeurs d'organiser au mieux leur plan de surveillance ainsi que la collecte et l'allotement².

¹ Responsable Filières Céréales SYNGENTA.

² Gestion des lots en fonction de leur degré de contamination.

APPELLATIONS D'ORIGINE ET INDICATIONS GÉOGRAPHIQUES



Introduction de la séquence AOC de l'Académie d'agriculture

par Philippe MAUGUIN¹

- 1 — **Un intérêt personnel en raison de mon expérience à la tête de l'INAO et de mon attachement aux produits sous signe de qualité**
- 2 — **De nombreux travaux INRA pour et sur les appellations**
 - Élaboration de la **réalité de la qualité des produits**, en relation avec les différents déterminants et en anticipant les évolutions de contexte
 - Perception des **consommateurs** et élaboration du consentement à payer
 - Conséquences économiques pour les **producteurs**
- 3 — **AOC fromagères**
 - Plusieurs **unités** engagées
 - Unité mixte de Recherche sur les **Herbivores de Theix**
 - Unité **fromagère d'Aurillac**
 - Unité d'**Economie de Toulouse**
 - Plusieurs **axes de recherche**
 - Comment s'élaborent les **goûts et particularités des fromages** en lien avec **l'alimentation des animaux** ?
 - Quels **comportements des consommateurs** et quelles conséquences pour les producteurs : approche en sciences économiques et sociales
 - Des **travaux éclairants**

¹ Président de l'INRA.

- Un numéro de **Inra Sciences Sociales** dédié au sujet :
 - AOC = rôle positif dans le **maintien de la filière** fromagère française dans un contexte de baisse des effectifs.
 - AOC = **pérennité** sur le marché des **petites** entreprises
 - AOC = outil de **différenciation** qui permet aux petites entreprises de coexister avec des entreprises de plus grande taille sur le marché qui mobilisent d'autres leviers
- Une **prospective sur la filière Comté** financée par le MAAF (conclusions rendues il y a 10 jours) :
 - Propose **5 scénarios** : les + favorables pour la filière = profession restant très structurée et renforçant le cahier des charges qui est appelé « le cahier des Chances ».
- Travaux sur impact **économique** des AOC :
 - Structuration de **l'organisation professionnelle** plus importante qu'indication géographique en elle-même.
 - Comparaison Comté et IGP d'Auvergne :
 - Comté = profession très structurée = valorisation du lait à +0,10€ par rapport à moyenne française
 - IGP Auvergne = industriels = pas création de rente

4 — Les vins de terroir : élaboration de la qualité

- Une **UMT** à Angers (terminée) + **USC** « Grappe » avec l'ESA d'Angers (fonctionnelle)
- Des **travaux** éclairants :
 - **Histoire économique** des AOC vins
 - Comment AOC Bordelais et Bourguignons se sont construits, conduisant à des formes d'organisation très différentes ?
 - Quel apport pour imaginer l'avenir des IGP plus récentes ?
 - **Le sol ne fait pas le terroir**. Les trois dimensions du terroir = environnementale + biologique + humaine
 - Effet du **changement climatique** sur l'évolution des appellations
 - Analyse de la **motivation des consommateurs**

5 — Les produits carnés : la charcuterie en Corse

- Travaux de François Casabianca :
 - Gestion collective des **ressources génétiques** animales locales
 - **Qualification territoriale** des produits, dispositifs de recherches **participatives**
 - Processus de **développement territorial**
 - Activités d'élevage et **développement durable**

- Evolution des travaux de recherche en Corse pour analyser l'élaboration de la **qualité et la construction des signes de qualité** (charcuterie et agrumes)

6 — Ne pas oublier : l'Inra est également un acteur direct des AOC, via son domaine de Couhins

- Réflexion sur les **évolutions des modalités de conduite du vignoble** et de la vinification
- Introduction de **cépages nouveaux** ? Evolution possible des **cahiers des charges** ?

RECONNAISSANCE DES SIGNES DE QUALITÉ DANS LES NÉGOCIATIONS COMMERCIALES : UNE POMME DE DISCORDE TRES ANCIENNE

par Thierry **POUCH**¹

Les accords bilatéraux, régionaux, ou plus précisément préférentiels, sont souvent qualifiés d'accords de « seconde génération ». Il faut comprendre par là le fait que le démantèlement des tarifs douaniers ne constitue plus la priorité des négociateurs : ce sont surtout les barrières non tarifaires qu'il s'agit d'abaisser.

Mais cette dimension, désormais centrale dans les négociations actuelles, se heurte à la question des signes de qualité (AO, IG...). L'UE y voit des intérêts offensifs, tandis que les autres pays (Amérique du Nord en premier lieu), estiment qu'il s'agit de biens marchands standards et qu'ils ne doivent pas pénétrer les marchés sous leur appellation d'origine.

L'exposé s'efforce de mettre en lumière les enjeux qui se cristallisent autour de ces signes de qualité, et de montrer en quoi ils renvoient à deux logiques économiques qui peuvent être vues soit comme complémentaires, soit comme antagoniques.

LA FILIÈRE COMTÉ

par Claude **VERMOT-DESROCHES**¹

La filière Comté, c'est la zone du Massif du Jura où avec la Morbier et le Mont d'Or, l'AOP Comté est par sa quantité la première AOP fromagère française.

Ces trois fromages ont au cours de ces vingt dernières années connu une forte croissance des quantités produites. De plus, fait remarquable, le prix du lait touché par les 2600 producteurs n'a cessé de croître.

Quelles sont les clés de ce succès et quelles sont les menaces qui pourraient le remettre en cause ?

Le succès s'explique par :

- le produit Comté lui-même, en raison de sa diversité, de sa palette aromatique, ses goûts inimitables,
- la diversité de ses fruitières (150) dont les 3/4 sont des coopératives,
- un cahier des charges rigoureux qui préserve les traditions tout en répondant aux attentes sociétales,
- un plan de régulation de l'offre,

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Responsable du service Études et prospective à l'APCA, Chercheur associé à l'université de Reims

¹ Producteur de lait dans le Doubs et président de l'interprofession du Comté.

- la marque Comté, connue et achetée par 54 % des ménages français,
- une gouvernance au sein d'une interprofession qui réunit en permanence et sur tous les sujets l'ensemble des maillons de la filière.

Les enjeux et les menaces :

- groupe anti-lait,
- véganisme,
- bien être animal,
- santé,
- environnement.

Face à ces menaces, les entreprises et les distributeurs doivent adapter en permanence leurs messages et leur communication.

De même, nous voyons fleurir autour de nous des produits d'imitation qui tentent de prendre notre place.

De plus, l'individualisme gagne du terrain, y compris dans certaines coopératives, et menace notre solidarité.

Tels sont les enjeux qu'il nous faut prendre en compte pour assurer l'avenir.

L'IGP sel de Guérande

par Charles **PERRAUD**¹

1. « Guérande », ou la renaissance d'un sel de terroir

- un tout petit grain de sel...
- un siècle de déclin
- relance économique : utopie ou réalité ?
- une reconstruction collective, insérée dans une stratégie territoriale et dans un cadre coopératif.
- Les retombées de l'IGP sur la dynamique territoriale.
- une communication qui s'est adaptée aux différentes étapes.
- le sel de Guérande aujourd'hui.

2. Le concept d'IGP : appropriation culturelle et marchés internationaux

- quelques éléments significatifs du concept ?
- les expériences d'« exportation » du concept hors UE ?
- les principaux constats ?
- besoins identifiés et obstacles à l'appropriation.

¹ Producteur de sel de Guérande, Membre du Conseil permanent de l'INAO, Expert pour la mise en œuvre technique du concept d'Indication Géographique.

SÉANCE SUR LES APPELLATIONS D'ORIGINE ET INDICATIONS GÉOGRAPHIQUES

Compte rendu

par Pierre **DEGREGORI**¹

L'Académie d'agriculture de France a tenu le 29 mars 2017, sous la Présidence de Michel Candau, une session consacrée aux appellations d'origine (AOP, IGP).

Les participants ont d'abord entendu le Président de l'INRA Philippe MAUGUIN. Celui-ci a indiqué dans quelles directions l'INRA entend intensifier ses recherches dans le domaine des Appellations. Il s'agit notamment de définir les caractéristiques spécifiques des productions concernées tant au plan organoleptique que par une meilleure définition de la notion de terroir.

Thierry POUCH, membre correspondant de l'Académie, a traité des menaces que les négociations commerciales font peser sur les appellations. La perspective du TAFTA semble s'éloigner, mais il est probable que le néo-protectionnisme de la nouvelle administration américaine ne sera pas plus bienveillant, pour nos appellations, que le libre-échange de l'administration précédente. Thierry POUCH a souligné combien dans ces négociations deux logiques économiques s'opposaient : rationalité marchande d'une part, rationalité identitaire de l'autre.

Est ensuite intervenu M. Claude VERMOT-DESROCHES, producteur de lait dans le Doubs et Président de l'Interprofession du Comté. Il a exposé que la réussite du Comté reposait sur un cahier des charges rigoureux, une production maîtrisée, un investissement permanent dans la recherche, une attention constante aux attentes des consommateurs tant au plan qualitatif qu'au niveau sociétal. Au final la production de Comté augmente, le prix du lait payé aux producteurs aussi. La filière Comté représente aujourd'hui près de 10.000 emplois répartis sur le massif du Jura, dont 3.600 producteurs de lait.

Les participants ont ensuite entendu M. Charles PERRAUD, représentant de l'Appellation sel de Guérande. Il a montré comment, à partir d'une production banale et qui était sur le point de s'éteindre, la profession a su réagir et faire en sorte que ce produit basique renoue avec une tradition, un territoire, un paysage, au point d'en faire un produit d'excellence. Il a évoqué aussi les actions qu'il conduit, en liaison avec le Ministère de l'Agriculture, pour développer le concept d'appellation, notamment en Asie.

En conclusion, Pierre DEGREGORI, membre correspondant de l'Académie, a indiqué que les appellations contribuaient à une meilleure répartition sur le territoire des hommes et des productions, et à développer des pratiques plus protectrices de l'environnement. Il a souligné enfin que, dans un grand nombre de cas, les appellations sont en mesure de revaloriser le prix payé aux producteurs, de sorte que leur rémunération est moins dépendante des aides publiques.

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, ancien Directeur général de la FNSEA.

Plus de 60 Académiciens ont dialogué avec les visiteurs du Salon international de l'Agriculture

L'Académie d'agriculture de France a participé, pour la première fois depuis sa création en 1761, au Salon international de l'agriculture qui s'est tenu à Paris, Porte de Versailles, du 25 février au 5 mars.

Sa volonté a été d'y décliner concrètement son slogan « **une Passion connaître, une Ambition transmettre** » auprès du public mais aussi des acteurs et décideurs de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement.

L'ACADÉMIE FAIT SALON

Constant **LECOEUR**, Vice-secrétaire de l'Académie d'agriculture de France

Après une présence sur le stand de l'INRA dans les années 80, mais pour la première fois depuis sa création en 1761, l'Académie d'agriculture de France a décidé de participer activement au Salon international de l'Agriculture (SIA), du 25 février au 5 mars 2017. Sa volonté était d'y décliner concrètement son slogan « *une passion connaître, une ambition transmettre* » auprès du public, mais aussi des acteurs et décideurs de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement. Que retenir de cette mobilisation, en termes de thématiques et d'écho externe ?

L'accélération fulgurante des connaissances scientifiques et des avancées technologiques suscite de plus en plus d'interrogations dans la société, amplifiées par les discours alarmistes qui génèrent inquiétudes et peurs. Dans ce contexte, l'Académie d'agriculture de France « *Creuset de disciplines multiples, résultant de l'extraordinaire richesse de connaissances et d'expériences de ses membres* », a un rôle essentiel à jouer comme instance de débats et de propositions. C'est pourquoi, grâce à un partenariat constructif et réciproque avec le président du SIA et sa direction, cette année ainsi qu'avec le directeur général d'AgroParisTech sur leur stand cette année :

- Plus de soixante Académiciens sont intervenus, sur les préoccupations de la société en termes d'alimentation et de santé, de partage des usages de la nature, de qualité des paysages, de sauvegarde de la biodiversité, de bien-être animal, dans des espaces aussi divers que « Le Village des professionnels », « La Ferme digitale », « L'Agora de l'INRA », « Le Stand de l'Organisme de sélection de la race Bretonne Pie-Noir ».
- Chaque jour, des dialogues intergénérationnels se sont tenus sur « Le stand AgroParisTech avec la participation de l'Académie d'agriculture de France ».
- Le SIA a aussi été l'occasion pour l'Académie de : lancer son « Concours pour le prix de l'information scientifique », et d'organiser une table-ronde sur « La modernisation de l'agriculture chinoise », au Club d'affaires.

Sur quelles thématiques ?

Dès le projet de participation au SIA lancé, Michel Candau, Président de l'Académie, a présidé le comité de pilotage (COPIL) comprenant un représentant de chaque section et toutes les personnes concernées par la communication sur l'évènement. Le travail essentiel de ce COPIL a été de recenser les thèmes et les personnes ressources pouvant effectuer des présentations grand public au SIA. Ainsi ont été retenues différentes catégories d'interventions selon les sections ou les groupes de travail concernés.

Agriculture et société

Commençons avec le bien-être animal, présenté par Bernard Denis. La question des conditions de vie qui sont offertes aux animaux n'est pas nouvelle mais l'opinion publique y est particulièrement sensible aujourd'hui. Toutefois, définir et objectiver ce que l'on entend par "bien-être animal" n'est pas facile et nécessite que s'instaure entre toutes les personnes concernées un dialogue empreint de prudence et de souci d'une juste mesure.

Climat et agriculture

Quels défis fait peser sur l'agriculture le changement climatique dû à l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) ? Des modifications des pratiques peuvent-elles atténuer ces conséquences ? Du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992 à celui de Rio 2012, est mis en évidence le réchauffement climatique récent avec le consensus autour de l'implication des activités humaines dans le processus (5ème rapport d'évaluation du GIEC 2014). Une grande majorité des pays a ratifié la Convention-cadre des Nations-Unies sur le changement climatique en formalisant des engagements internationaux pour agir à l'échelle mondiale avec des objectifs à atteindre lors de la COP21 à Paris en 2015, puis à la COP22 en 2016 au Maroc.

Au cours de cette table-ronde sur le thème « Climat et Agriculture : quels risques, quels conseils ? », les questions suivantes ont été abordées:

- Quels constats dresse-t-on de l'évolution du climat pour les 20 à 30 ans à venir ?
- Quels impacts mesure-t-on sur l'agriculture et la forêt aujourd'hui et pour cet horizon ?
- Quelles adaptations sont à prévoir ?

Jean Jouzel a précisé les conclusions du rapport du GIEC sur le rôle des activités humaines comme cause principale du réchauffement climatique depuis le milieu du XXème siècle. Katia Laval a fait part des travaux des climatologues sur l'évolution du cycle de l'eau, notamment les accidents climatiques plus violents. Nathalie de Noblet-Ducoudré a indiqué les conséquences de ce réchauffement climatique sur les productions végétales (agriculture et sylviculture). Christian Huyghe a complété ce panorama sur les productions animales et a fait part de quelques leviers pour l'adaptation au changement climatique.

François Papy a par ailleurs engagé le dialogue intergénérationnel sur ce thème avec les étudiants d'AgroParisTech.

Agriculture et environnement

Ce thème a donné lieu à plusieurs interventions :

Jean-Louis Bernard a abordé le biocontrôle en protection des cultures. Ce terme nouveau regroupe plusieurs catégories de moyens de défense. Certains sont connus de longue date, d'autres sont en pleine évolution. Les recherches actuelles qui bénéficient d'investissements conséquents peuvent prétendre à délivrer des solutions nouvelles pour les agriculteurs. Mais au-delà de leurs atouts réels et des réalisations présentes, il existe aussi des freins à l'expansion du biocontrôle qu'il est important de connaître pour évaluer son avenir de façon réaliste.

André Charrier est intervenu sur la valorisation de la biodiversité. Les agricultures du monde exploitent la biodiversité d'un grand nombre d'espèces végétales, en particulier les pays du sud. On constate des pertes inquiétantes de biodiversité naturelle et de diversité des plantes cultivées en rapport avec l'intensification des pratiques agricoles, les perturbations du climat et les changements globaux. Différentes stratégies de gestion de ces ressources biologiques sont mises en œuvre par des acteurs variés, du local à l'international. Elles suscitent débats, exploration de technologies novatrices et recherches sur la dynamique de la diversité et de l'adaptation.

Les abeilles ne peuvent être oubliées. André Fougeroux a fait état du rapport abeilles et agriculture. L'agriculture et l'apiculture sont condamnées à une cohabitation nécessaire et exigeante. Celle-ci doit reposer sur des bénéfices réciproques sans quoi les efforts demandés par les uns aux autres seront perçus puis rejetés comme des contraintes. Les enjeux réciproques ont été présentés.

Pierre Quéméré, Etienne Verrier et Jean-Louis Colleau ont été les acteurs de la sauvegarde de la race Pie-Noir dont la représentante « Fine » était à l'honneur du salon 2017. Elle fut l'une des plus grandes races françaises à la fin du XIX^{ème} siècle. Elle a failli disparaître au milieu des années 1970. Un programme de conservation, le premier en France dans l'espèce bovine, a été instauré en 1975. Aujourd'hui des systèmes techniques cohérents ont été mis en place par des éleveurs innovants, en transformation fermière et valorisation en circuits courts d'une large gamme de produits laitiers et carnés.

A propos de la Loi biodiversité, Christian Lévêque s'est interrogé sur la place des acteurs agricoles. Devant la nécessité de se préoccuper du devenir des paysages et de ne pas négliger l'importance des acteurs dans le maintien de cette diversité paysagère résultant, pour partie, des usages du territoire, l'agriculture joue un rôle majeur. Ainsi, peut-on s'étonner que des acteurs essentiels en matière de gestion de l'espace naturel (ONF, ONCFS, mais aussi forestiers, agriculteurs, éleveurs, aquaculteurs, chasseurs, pêcheurs, ...) ne soient pas mieux représentés dans les instances nouvelles.

Une loi trop normative risque d'aller à l'encontre d'une gestion adaptative de la Biodiversité qui est, par nature, évolutive. Il faut laisser aux acteurs sociaux la possibilité d'innover dans la gestion de la biodiversité. Le rythme de perte de terres agricoles est préoccupant pour la profession agricole et la conservation de la biodiversité, alors que la loi se prononce peu sur cette question.

Carole Zakine a complété ce thème sur les normes environnementales. Le droit de l'environnement représente un corps de règles structuré par des principes originaux (pollueur payeur, précaution, prévention, participation du public, développement durable, solidarité écologique, non régression du droit de l'environnement, complémentarité agriculture environnement et utilisation durable des ressources). C'est un droit de normes, de réglementations, de sanctions pénales, sanctions administratives, de servitudes. C'est donc un droit de contraintes qui se transforme très vite.

C'est un droit en transition pour répondre aux demandes de la société. Cette période offre aussi de nouvelles opportunités aux acteurs économiques dès lors qu'ils se saisissent de cette nouvelle façon de concevoir le rôle des agriculteurs dans la gestion de l'environnement. Les agriculteurs doivent participer à l'écriture du droit de l'environnement.

La question essentielle aujourd'hui demeure de savoir quelle nature, quel environnement voulons-nous ? Une nature d'usages ou une nature à vocation écosystémique ?

Gil Kressmann a montré où en était l'agriculture biologique aujourd'hui dans son développement : les aspects économiques, la situation de l'offre, le revenu des agriculteurs, la part croissante des importations, l'évolution forte de la demande, les exigences de la distribution, les attentes des consommateurs, les niveaux différenciés des prix, le positionnement marketing du bio et les aspects concurrentiels.

Les perspectives d'évolution de l'agriculture

Ce thème a tout d'abord été abordé par Jean-François Morot-Gaudry, avec un exposé sur les atouts de la chimie verte : comment les végétaux peuvent-ils remplacer au moins partiellement le pétrole pour la chimie ? Les ressources fossiles deviennent de plus en plus rares et difficiles à extraire, donc de plus en plus chères et surtout elles sont la source d'émissions de gaz à effet de serres (CO²) avec des conséquences non maîtrisables sur le climat. De ce fait il nous faut rechercher d'autres ressources énergétiques et de matière carbonée pour élaborer les constituants de la chimie organiques (solvants, détergents, fibres, matières plastiques, etc.). Les ressources végétales sont une source importante de matière pour une telle chimie dite « chimie biosourcée ». Cette approche n'est pas nouvelle car avant "l'ère du tout pétrole" les humains utilisaient déjà les végétaux pour leurs besoins non alimentaires (huile pour les lampes, les fibres de lin, de coton et de bois, les colorants naturels, etc.).

Claude Roy a poursuivi en évoquant les talents de la bioéconomie. Les défis critiques du siècle : l'eau et l'alimentation, l'énergie, le changement climatique. Pour prévenir les causes et pallier les effets du changement climatique, trois voies seulement sont possibles : Economies d'énergie et de matières premières dont la solution biomasse ! Substitution de sources d'énergie et de matières premières fossiles (notamment

bio-matériaux, bio-molécules, biocarburants et bioénergies, solaire, éolien, hydrolien, géothermique et nucléaire, etc...) dont la solution biomasse ! Séquestration du carbone (filères forêt-bois et bio-matériaux, sols, conchyliculture et séquestration géologique du CO² dont la solution biomasse !

Marc Délos a présenté la révolution numérique qui permet à l'agriculture de bénéficier de nouveaux outils (signalisation par GPS, imagerie des satellites et drones, systèmes embarqués sur des machines agricoles, capteurs). Ainsi s'ouvrent des perspectives que l'on peut qualifier de nouvelle révolution agricole pour piloter une utilisation économe et efficace des intrants, de l'énergie et de l'eau en agriculture.

Jean-Louis Peyraud a exposé l'élevage connecté. Comment mettre en pratique l'élevage de précision et aborder les opportunités offertes par ces nouvelles technologies au niveau de l'exploitation et des filières, quelques exemples de réalisations, les domaines concernés et les démarches à promouvoir pour créer de la valeur et terminer par quelques messages sur les précautions à prendre pour un développement harmonieux de ces technologies au bénéfice des filières et de la société ?

Philippe Gate a traité les Datas en agriculture qui sont un sujet à la fois passionnant et qui vont sans doute révolutionner le monde agricole : la recherche, l'acquisition de références, le métier du conseil, l'émergence de nouveaux partenariats... Ainsi l'Institut Arvalis est déjà très investi dans le big data (ferme numérique, objets connectés, plateforme d'échanges de données, modélisation, phénotypage à haut débit via des capteurs...).

Qualité de l'alimentation

Hervé This a réalisé des expériences in situ sur la « cuisine note à note » avec la participation d'une jeune start-up. Ainsi, à partir de divers ingrédients tirés de son sac, un four à micro-ondes et quelques minutes après, du producteur au consommateur, la dégustation fut exquise.

Jean-Michel Wahl et Gérard Pascal ont essayé de répondre aux questions : pourquoi assiste-t-on à un rapide développement des allergies alimentaires, quels en sont les mécanismes et les caractéristiques qui les distinguent des autres effets indésirables des aliments, quels en sont les symptômes, quels sont les principaux aliments qui en sont responsables, quels sont les consommateurs qui risquent d'être touchés et quels sont les moyens de s'en prévenir ?

Pascale Hébel et Hervé Lafforgues ont présenté des thèmes touchant à la manière dont réagissent les consommateurs : comment se construit la perception de la sécurité des aliments ? Les Français n'ont jamais été aussi inquiets de ce qu'ils mangent qu'aujourd'hui. Pourtant la sécurité et l'hygiène des aliments n'ont jamais autant été contrôlées. Pour comprendre la hiérarchie des aliments et ingrédients qui inquiètent le plus, il est important de tenir compte de notre culture alimentaire, de l'enchaînement des crises sanitaires et des nouveaux outils de communication.

Territoires

Ce thème a été illustré par la filière forêt-bois et les parcs naturels régionaux, laboratoires de nouvelles relations hommes-nature. Yves Birot et d'autres membres de la section Forêt-bois ont présenté les 100 fiches de l'Encyclopédie de ce secteur occupant 31 % des terres émergées. Les forêts constituent la plus grande infrastructure verte de la planète. Elles jouent un rôle majeur dans le cycle du carbone, en fixant le CO₂ grâce à la photosynthèse, et peuvent constituer des puits de carbone qui contribuent à l'atténuation de l'effet de serre. Mais a contrario, leur dégradation ou destruction, voire le changement climatique lui-même, peuvent conduire à ce qu'elles deviennent des sources de carbone, entraînant des émissions accrues de gaz à effet de serre (GES). On voit donc que leur interaction avec le climat est forte.

Les forêts ne sont pas seulement des puits de carbone. Gérées de manière durable, elles sous-tendent la production de nombreux biens et services, immatériels et matériels. Parmi ceux-ci, le bois, utilisé comme matériau ou source d'énergie, peut contribuer de manière significative à contrebalancer l'émission de GES d'origine fossile, et donc à atténuer l'effet de serre par d'une part le stockage du carbone dans les produits à base de bois, et d'autre part et surtout de l'évitement d'émission de carbone, en substituant le bois à d'autres matériaux ou sources d'énergie. Pour la France, le secteur forêt-bois génère annuellement un effet d'atténuation d'au moins 20 % des émissions totales.

A l'occasion des cinquante ans de leur création, François Colson et Guillaume Dhérissard ont dressé la situation des 51 parcs naturels régionaux qui concernent 4 millions d'habitants sur 15% du territoire national. Pilotés par les élus locaux avec l'appui d'équipes pluridisciplinaires, ils expérimentent et montrent que la protection de la nature est conciliable avec le développement durable des activités humaines.

Pas de salon sans rappel historique !

Nadine Vivier et Pierre Del Porto ont présenté l'évolution des concours animaux. Napoléon III encouragea les comices agricoles, les concours régionaux qui furent des instruments efficaces de diffusion des progrès, surtout la sélection des races. Il créa aussi le Concours général agricole dont la vocation s'élargit au 20^e siècle à tous les domaines des innovations agricoles, puis à certaines performances de l'exploitation agricole. Ils ont également porté un regard sur la sauvegarde du patrimoine rural. Depuis 1990 s'impose l'idée d'une sauvegarde du patrimoine rural et de sa valorisation dans un but de développement local. Les musées d'agriculture, écomusées et de nombreuses associations d'habitants y contribuent : patrimoine bâti, productions, gastronomie de terroirs, transmission des savoir-faire.

N'est-ce pas globalement une nouvelle appellation d'une politique d'aménagement du territoire, aussi bien économique que culturelle ?

Des dimensions de l'international

Jean-Marc Boussard et Philippe Chalmin ont échangé sur la variabilité des matières premières et celle des prix : du consommateur au producteur. Lorsque les prix agricoles diminuent, on en accuse souvent les « intermédiaires » et les « grandes surfaces ». Mais pour pouvoir remédier à ces accidents, il faut aller en chercher plus loin aussi bien les causes que les conséquences.

Michel Jacquot a exposé ce que l'on pouvait attendre des nouvelles règles du Commerce international, selon Mr. Trump ainsi que sur le Brexit et la Politique agricole commune.

Thierry Pouch et Jean-Marc Chaumet ont présenté l'ouvrage "La Chine au risque de la dépendance alimentaire". Avec l'avènement de la mondialisation, la Chine est devenue, en un temps record, l'une des principales économies du monde. Aujourd'hui, elle talonne même les États-Unis. Elle peut par conséquent nourrir des ambitions de grande puissance, voire de puissance hégémonique. Il est toutefois surprenant que, dans les nombreuses analyses produites sur la Chine et son affirmation sur l'échiquier économique mondial, l'agriculture soit le parent pauvre. Grand pays agricole, la Chine dépend toutefois de plus en plus de l'extérieur pour son alimentation, créant ainsi un phénomène de dépendance.

Or, la question agricole en Chine renvoie historiquement à la notion de sécurité alimentaire. Dans l'histoire du pays, cette idée a régulièrement fait l'objet d'une attention toute particulière de la part des dirigeants. Elle se pose avec une certaine acuité en ce début de XXI^e siècle, d'autant plus qu'elle fait partie des menaces en termes de sécurité non-traditionnelle qui pèsent sur la Chine, au même titre que l'énergie, et conditionne la stabilité des relations internationales.

Les auteurs, avec Jean-Paul Jamet, ont animé une table-ronde sur l'agriculture chinoise. Quelle est l'évolution de la consommation alimentaire pour les différentes filières végétales et animales en Chine ? Quelles sont les priorités données à l'agrandissement et à la modernisation des exploitations ? Quels sont les ressorts de la dynamique du commerce extérieur agricole et alimentaire chinois ?

La dimension africaine a été soulignée par le lancement du programme « Fast Dev » en présence de Stéphane Le Foll ministre de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt, d'Abdoulaye Papa Seck, ministre de l'agriculture et des travaux ruraux du Sénégal et membre associé de l'Académie, et d'autres représentants ministériels de l'Afrique de l'Ouest et du Groupe inter-académique pour le développement (GID), représenté par son président et Jacques Brulhet.

Avec quel écho médiatique ?

L'Académie d'agriculture de France, c'est plus de 250 ans de communication et de transfert des connaissances qui ont été mis en exergue par Jean-François Colomer et Philippe Kim-Bonbled, lors de leur présentation au Salon.

Des publications de la Société Royale d'Agriculture en 1761, à l'ouverture de sa chaîne YouTube, cela fait plus de deux siècles et demi que l'Académie d'agriculture de France a pour ambition de transmettre son

savoir au moyen des outils de communication les plus performants du moment. Si l'écrit à travers ses publications, et l'oral lors des séances publiques et gratuites du mercredi ont été, jusqu'à très récemment, ses outils de prédilection, la Compagnie se devait de ne pas passer à côté de la révolution numérique. C'est pourquoi, elle s'est résolument et activement impliquée dans la communication digitale sans oublier pour autant son fonds documentaire historique dont elle a d'ores et déjà bien engagé la numérisation et la consultation par « Gallica » suite à l'action d'Emile Choné.

Guy Waksman a souligné que, désormais, on se donnait rendez-vous sur les réseaux sociaux. Les réseaux sociaux sont à l'évidence un espace d'expression extraordinaire même si certains parfois en usent et abusent pour propager les rumeurs les plus folles. Beaucoup d'agriculteurs se sont emparés de cet espace d'expression... ils vous y donnent rendez-vous.

En conclusion, la Compagnie, qui depuis plus de 250 ans « réfléchit sur le progrès dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement », a comme objectifs « d'en expliquer les enjeux techniques, économiques, sociaux et environnementaux » afin « d'éclairer la société et les décideurs ».

Sur le stand partagé lors du Salon, la proximité avec l'Ecole AgroParisTech, et les échanges permanents avec ses étudiants, ont souligné la pertinence de la priorité donnée à « la transmission intergénérationnelle de son savoir ». Ces objectifs et cette priorité, sont désormais résumés dans la signature de l'Académie retenue pour le Salon 2017 : « une passion : connaître, une ambition : transmettre ».

Pour atteindre ses objectifs, la Compagnie a également contribué activement à « la communication collective informative » qui se met en place dans ses domaines d'expertise et d'influence : l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, afin d'offrir aux citoyens, « *une polyphonie scientifique crédible face à la cacophonie dogmatique et biaisée des groupes de pression* », (Louis ORENGA, d'Interfel).

En complément aux échanges directs avec les jeunes, avec les professionnels et la société civile, le vecteur actuellement pertinent et efficient pour éclairer, rapidement, facilement, massivement et au moindre coût, la société et les décideurs est la communication dite « digitale » ou « numérique », qui a permis de livrer l'ensemble des paroles exposées lors du Salon sur le site internet et dans les réseaux sociaux.

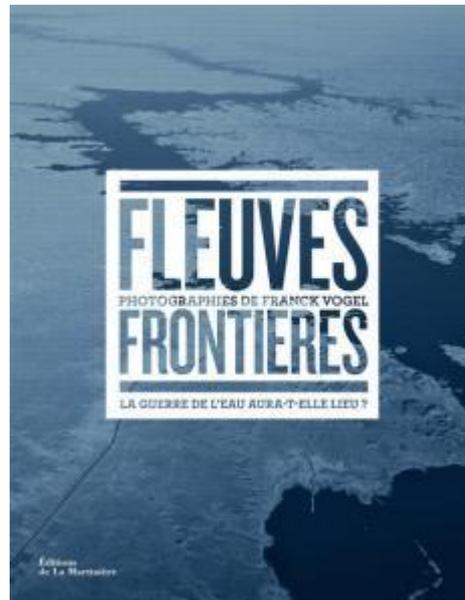
Le choix de la Compagnie pour être présente et audible, dans ses divers modes de communication a conduit à une première réussite lors de ce SIA 2017. D'ores et déjà, l'Académie d'agriculture a décidé d'être activement présente au Salon 2018.

Avec la participation de Michel Candau Président, Jean-Pierre Guyonnet Président du groupe communication, Pierre Del Porto, Philippe Kim-Bonbled et Christine Ledoux.

Le contenu d'un grand nombre de ces interventions a, par ailleurs, été valorisé dans les pages de l'Académie sur les réseaux sociaux : LinkedIn, Twitter, Facebook, YouTube et Instagram.

Les différentes interventions des Académiciens sont disponibles sur le site Internet de l'Académie : www.academie-agriculture.fr

FLEUVES FRONTIÈRES, LA GUERRE DE L'EAU AURA-T-ELLE LIEU ?



Photographies de Franck Vogel aux Éditions « de La Martinière » 264 pages, 01 septembre 2016

<http://www.editionsdelamartiniere.fr/ouvrage/fleuves-frontieres/9782732477237>

Constant Lecœur¹. – Franck Vogel est un photographe, un journaliste et un conférencier. Après des études en France puis aux USA, il intègre l'Institut national agronomique Paris- Grignon en 1999. Après l'obtention de son diplôme d'ingénieur, il part début 2002 pour un long voyage autour du monde en auto-stop et vit chez l'habitant, étant parti avec un maigre budget en poche. Ce long voyage le prépare à se lancer dans la photographie.

Avec l'ouvrage Fleuves frontières, La guerre de l'eau aura-t-elle lieu ?, Franck Vogel aborde des sujets géopolitiques. Il s'agit d'un reportage à long terme sur 7 fleuves majeurs dont la première partie porte sur le Nil, le Brahmapoutre, le Colorado, et le Jourdain. Il propose un itinéraire photographique pour découvrir ces 4 fleuves emblématiques dont la caractéristique est de traverser plusieurs Etats.

Autour des fleuves, se trament une lutte de Nations pour ce bien précieux que représente l'eau. Il montre les conflits majeurs occasionnés pour contrôler la ressource.

Dans la Préface, Gilles Bœuf, premier président de l'Agence de la Biodiversité, rappelle que l'eau, c'est la vie, du bébé aux animaux marins. Les fleuves représentent des traits d'union entre la terre et la mer. Ils constituent souvent des frontières. Face à la démographie galopante, comment ne pas détruire des écosystèmes ? Les nations, les concentrations humaines le long des fleuves sont des menaces pour « des socio-écosystèmes en évolution rapide ». « Ces fleuves sont nos lignes de vie » indique-t-il.

C'est sur les bords du Nil que tout a commencé, 500.000 ans d'histoire de l'humanité autour de la fécondité née de ses crues. Aujourd'hui du Rwanda à l'Egypte, 11 Etats se partagent le Nil, avec

¹ Vice-secrétaire de l'Académie d'Agriculture de France.

des conflits parfois dramatiques comme au Soudan ? Des Barrages se sont multipliés, Les travaux du Canal au Sud Soudan ont dû être interrompus suite aux soulèvements des populations près du Nil Blanc, ne souhaitant pas l'assèchement de cette zone marécageuse ? Cette eau est aussi associée au sacré jusqu'à aujourd'hui ainsi sur le Nil Bleu, les orthodoxes éthiopiens ont fait de la presqu'île de Zege un lieu de processions.

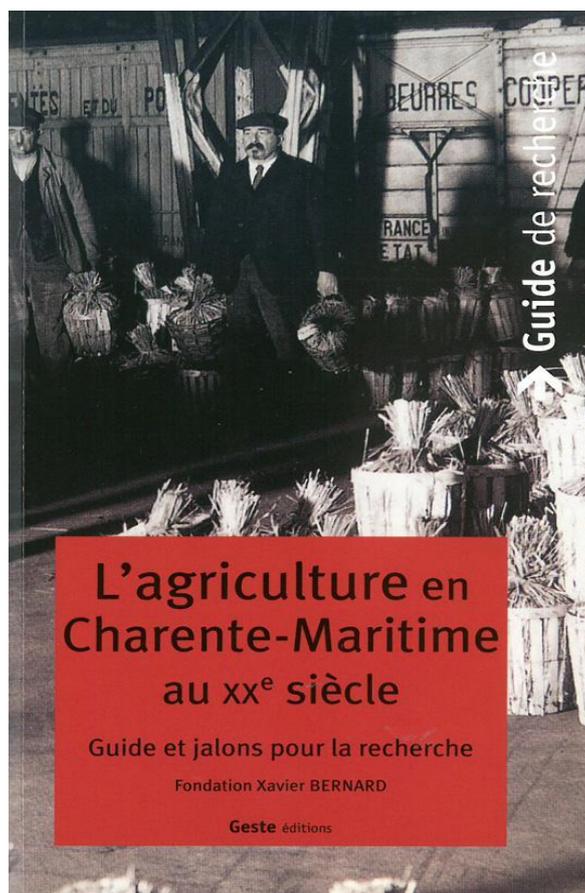
Le Brahmapoutre n'est pas un fleuve moins mythique que le Nil. Prenant sa source au Tibet, dans les sommets de l'Himalaya, lieu de résidence des divinités, il n'est autre que le fils de Brahma, en sanscrit, le Dieu créateur pour l'Inde. Il traverse en outre des Etats très peuplés la Chine et le Bangladesh. Il reste très convoité par l'Inde et la Chine. Ils ont entrepris, l'une et l'autre, des travaux gigantesques de barrages (150 pour la seule Inde) aux conséquences néfastes pour l'environnement et les populations. En dehors de cette bataille pour développer l'énergie hydroélectrique, Pékin ne supporte pas la souveraineté de l'Inde sur l'Arunachal Pradesh.

Du Colorado, nous connaissons fort bien le Grand Canyon dont les strates sédimentaires ont été sculptées par l'érosion du fleuve dont le bassin versant occupe 1/6^{ème} du territoire des USA. Il nous faut oublier ces paysages de western à travers les 7 Etats américains traversés par le fleuve. Là aussi, le spectacle est terrifiant. 20 milliards de m³ de ses eaux sont ponctionnés chaque année, en témoigne l'un des plus hauts barrages du monde avec le barrage Powell. Ainsi, sur les 120 derniers km de sa traversée du Mexique, ce ne sont que de minces filets d'eau qui n'aboutissent plus dans le golfe maritime qui porte le nom de Californie.

Poursuivons avec le Jourdain, fleuve d'essence biblique. Fleuve qui rassemble les croyants des religions monothéistes, juifs, chrétiens et musulmans. Le Jourdain, le pays de Canaan d'Abraham, la terre promise à Moïse, les eaux du baptême du Christ. Autant de symboles de la naissance par l'eau, de la fertilité, de la vie. Aujourd'hui, le fleuve est de plus en plus asséché. Né au Liban, alimenté par des affluents syriens et jordaniens, 96% des eaux sont déviées. L'Etat hébreu puise 50% des eaux du Jourdain et 90% de la nappe phréatique de la Cisjordanie pour son agriculture et pour alimenter ses grandes villes. Syrie et Jordanie se partagent le reste. Le Jourdain devient quasiment l'exutoire des villes et des usines avec une Mer Morte mise à mal. La priorité actuelle demeure la survie de cette Mer Morte. Hors de cette terre de vives tensions, un espoir : Jordanie et Israël se sont entendus pour alimenter cette Mer Morte à partir de la Mer Rouge !

Superbes photographies et très belles cartes en double pages d'un livre au grand format. Beau voyage pour le lecteur à travers les conflits majeurs autour de ce bien précieux pour la vie, l'eau. A quand en faire un bien commun des Nations et de l'Humanité ?

L'AGRICULTURE EN CHARENTE-MARITIME AU XX^e SIÈCLE. GUIDE ET JALONS POUR LA RECHERCHE



Fondation Xavier Bernard, La Crèche, Geste éditions, 2016, 525 p.

Nadine Vivier¹. – Lorsque Michel Cointat² prit l'initiative en 1995 de fonder l'Association pour l'Histoire de l'Agriculture au XX^e siècle, il voulait préserver la mémoire des acteurs de l'agriculture, par le recueil de témoignages oraux et constituer des instruments de recherche. La fondation Xavier Bernard s'y est immédiatement associée car ces objectifs sont aussi les siens dans la région Charentes-Poitou et elle soutient l'éducation des jeunes. La Fondation a réussi à publier un ouvrage sur chacun des quatre départements de Charentes-Poitou : les deux premiers dirigés par Frédéric Chauveau, l'un sur la *société rurale de la Vienne* en 2001, l'autre sur celle des Deux-Sèvres en 2006. Les deux suivants ont été dirigés par Michel Coutelle³, *L'agriculture en Charente* en 2011 puis en Charente-Maritime en 2016.

La conception des ouvrages a évolué au cours de ces dix années. Ce quatrième volume semble avoir trouvé un excellent équilibre entre la présentation des connaissances universitaires, les témoignages des agronomes

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur des Universités, Professeur d'histoire contemporaine, Université du Maine, Faculté des lettres et sciences humains.

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France

³ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France.

d'aujourd'hui et le recensement des sources disponibles. La première partie, forte de 250 pages, décrit les éléments constitutifs de l'identité charentaise. Gilles Bernard donne une présentation géographique claire et précise des aptitudes agricoles des différents territoires. Il repart de la crise agricole de la fin du XIX^{ème} siècle et la crise du phylloxera dont l'apparition est signalée ici en 1868. Beaucoup de Charentais émigrent alors, des agriculteurs venus des régions alentour conquièrent les terres délaissées pour y cultiver céréales, betteraves sucrières et constituer un cheptel laitier. Maurice Mathieu donne en trois chapitres une étude approfondie des comportements politiques, culturels et sociaux du monde rural. Il adopte une approche originale en décrivant la vie agricole par les textes de géographes et auteurs littéraires, d'Ardouin-Dumazet à Simenon, en passant par Jules Verne que nous découvrons ici en géographe sérieux.

Terre de bonapartisme, la Charente a du mal à l'oublier après 1870. Elle reste attachée « à certains principes de 1789, à la démocratie locale, à un État aux pouvoirs limités mais protecteur et garant de l'ordre, à la valorisation de la réussite par le travail et les savoirs acquis, au respect des biens, le tout baigné dans un anticléricalisme mesuré mais résolu » (p. 101). Ceci constitue un bon ancrage pour le radicalisme au tournant du XX^{ème} siècle. Après le bonapartiste Eschassériaux, la Charente-Maritime est dominée par le radical Emile Combes puis, après 1945 par André Dulin.

Les deux ouvrages, Charente intérieure et Charente Maritime se complètent mutuellement. Même si le présent volume comporte de substantiels développements sur le Cognac, ses méthodes de production et transformation figurent dans le volume sur la Charente. En revanche, la Charente Maritime étant le premier producteur de Pineau celui mérite un chapitre. Nous apprenons les difficultés de ce vin de liqueur dans la conquête des marchés. En fait, les producteurs n'y attachent de l'importance que lorsque la vente du cognac stagne ; dès que la demande de cognac repart, ils délaissent le pineau.

D'autres aspects spécifiques de la Charente Maritime sont développés ici les marais de l'Ouest et les coopératives laitières dont Surgères fut le centre. Léon-Louis Damour nous entraîne à travers les marais de l'Ouest, marais asséchés, marais mouillés, etc., montrant comment le manque de main d'œuvre des années 1960 les a fait délaisser avant que l'on prenne conscience des enjeux de leur maintien pour la qualité du milieu – qualité des eaux, biodiversité, viabilité économique. D'autres articles nous apprennent les travaux réalisés, les orientations agricoles d'aujourd'hui, du maraîchage de l'île de Ré aux communaux du marais poitevin où les agriculteurs ont signé une convention avec des associations naturalistes.

Autre temps fort de l'ouvrage, celui consacré aux coopératives laitières. Le pionnier, Eugène Biraud ouvre la première laiterie coopérative à Chaillé en 1888. Puis le mouvement s'étend : en 1939, on compte 134 coopératives. Pour compenser cette dispersion, l'Association Centrale des Laiteries Coopératives des Charentes et du Poitou est créée en 1893 (siège à Niort et bureaux à Surgères) ; elle s'implique dans la lutte contre les fraudes, elle lance les études pour améliorer les produits. Pierre Dornic, ingénieur agronome, d'abord directeur du laboratoire de l'Ecole de laiterie de Mamirole, a mené à bien des travaux sur l'acidité du lait ; il fut un animateur infatigable de l'Association jusqu'à la fin des années 1920, impulsant des recherches qui ont donné au beurre son goût exceptionnel. Autre grande figure de la coopération laitière, Jean Raffarin assumait, à côté de mandats d'élu local et député, la présidence de l'Association de 1973 à 1995. Il obtint l'appellation d'origine « Beurre Charente-Poitou » en 1979. Il présida aussi le premier Conseil laitier européen.

La deuxième partie de l'ouvrage, tout comme la fin de la première partie, met l'accent sur les réponses aux défis des crises et des mutations. Ce sont les professionnels qui témoignent ou analysent la situation et son évolution. Une grande place est accordée aux « outils de progrès », l'enseignement et la recherche ainsi que la presse charentaise qui a joué un important rôle dans la transmission des savoirs. La Charente-Maritime a constamment créé des outils de formation et de transmission du savoir technique, elle est depuis un siècle « à la pointe de l'innovation pédagogique ». L'école d'agriculture de Saintes accueillit sa première promotion en 1908, le lycée de la mer et du littoral a ouvert en 1989 à Bourcefranc ; ces deux expériences originales en leur temps, montrent le souci du département de donner aux agriculteurs les moyens de s'adapter le mieux possible.

Enfin, la troisième partie recense, sous la responsabilité de Sandra Menenteau, les archives et la bibliographie disponibles. L'inventaire des archives déposées aux Archives municipales, départementales nationales, ainsi que celles du centre d'histoire du travail à Nantes sur le syndicalisme paysan est présenté thématiquement de façon claire, aisée à utiliser. L'Association centrale des Laiteries coopératives des Charentes et du Poitou semble receler des trésors, non inventoriés, qui font naître l'espoir d'une meilleure

connaissance des coopératives. S'y ajoutent, surtout pour la période récente, toutes les sources publiées, documents publiés par le ministère. La bibliographie est irremplaçable car elle recense aussi les travaux universitaires et mémoires de stage.

La richesse et la pertinence de ce volume apparaissent donc à l'évidence, malgré la brièveté de ce compte rendu. Les réussites – et difficultés- de l'agriculture de Charente-Maritime sont bien mises en valeur, en leur donnant chair par quelques portraits d'acteurs. La Fondation Xavier Bernard œuvre à mieux faire connaître et apprécier un monde agricole qui a su s'adapter au prix d'efforts constants et continue à se tourner vers l'avenir.

NOTRE AGRICULTURE EST EN DANGER...*CE QU'IL FAUT FAIRE*¹



par **Xavier BEULIN**

Jean Michel Besancenot². – *Ce livre de Xavier Beulin paru quelques semaines avant son décès brutal est aujourd'hui un « testament » laissé non seulement aux agriculteurs mais aussi à notre société....*

¹ Éditions Tallandier, 224 pages, 2017.

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France, ancien Directeur de la Maison de l'élevage de l'Ile-de-France.

Après un avant-propos qui débute par l'évocation du suicide d'un agriculteur...dans l'indifférence générale, Xavier Beulin trace les grandes lignes de son livre en posant cette question, *les agriculteurs veulent-ils rentrer dans ce siècle avec la même dynamique que celle qui les a portés hors de leur cour de ferme après la 2^{ème} guerre mondiale ?* Il est urgent de redonner un sens à la mission de l'agriculture.

En 5 chapitres d'un ouvrage de 220 pages, Xavier Beulin rappelle l'Histoire, analyse le présent et donne des perspectives.

TOUT D'ABORD.... S'ENGAGER...

Quand son père meurt subitement, Xavier Beulin est en terminale et destiné à des études supérieures, *en 3 secondes on bascule d'une vie à une autre*, et cette autre vie sera celle du métier d'agriculteur dans le Loiret et de syndicaliste. Très vite Xavier s'implique dans le milieu syndicaliste, CDJA d'abord, FDSEA du Loiret, enfin FNSEA où il est élu Président en 2010 ; *être agriculteur, c'est savoir être avec les autres*. En 1983, à l'initiative de Jean Claude Sabin, SOFIPROTEOL voit le jour...c'est la mise en place d'une filière destinée à assurer une indépendance en protéines végétales. Passionné par cette initiative qui grandira rapidement (7 milliards de CA, 8000 collaborateurs aujourd'hui) Xavier Beulin succède à Jean Pierre Sabin en 1999 à la présidence de SOFIPROTEOL qui deviendra AVRIL.

ENSUITE...AVANCER...

La grave crise 2015-2016, comparable à celle des années 1930 s'ajoute à *un modèle d'agriculture qui s'épuise* ; les succès Bretons notamment sont confrontés à une certaine accusation de la société sur le plan environnemental, par ailleurs après avoir accumulé des performances dans tous les domaines, l'agriculture française est confronté aux succès d'autres pays, ne faut-il pas revoir nos modes de production, *décentralisation* de l'élevage, retour à la polyculture élevage dans les zones intermédiaires ou *l'on a oublié la synergie animal-végétal* ; prendre en compte les nouveaux enjeux (environnement, consommateurs, force de l'agroalimentaire et de la distribution) tout en rappelant que l'agriculture française dans toutes ses filières génère 3 millions d'emploi.

Moteur de la modernisation de l'agriculture, le syndicalisme a perdu de son pouvoir au fur et à mesure de l'évolution de la PAC, *le dossier européen doit être repris à la base*, regrettant *une politique environnementale coercitive*.

ET QU'ON NOUS LAISSE "PRODUIRE.

L'Agriculture française a un bel avenir à condition qu'elle puisse produire...les performances acquises restant d'actualité ; même diversifiée, Xavier Beulin insiste pour que notre agriculture soit compétitive et exportatrice.... attention à une agriculture qui correspondrait *aux sensibilités du moment ! (Small is beautiful)*.

Affirmer sa volonté, c'est cette exigence qui a amené Xavier Beulin à prendre la tête de SOFIPROTEOL...il craint aujourd'hui *que la volonté ne fasse défaut notamment dans les sphères gouvernementales*...il faut une vision stratégique globale de l'agriculture... *une politique agricole, ce n'est pas que des aides conjoncturelles*. Pourquoi pas une 3^{ème} voie pour notre agriculture en produisant plus et mieux ; Xavier Beulin cite Michel Griffon, *l'exploitation productive peut et sait gérer cet impératif écologique sans amputer son potentiel*. Il ya nécessité d'avancer vers *l'économiquement durable* (prendre en compte la transition énergétique), de diversifier nos débouchés notamment industriels grâce à *la chimie du renouvelable, la chimie du végétal*, et de produire pour exporter avec une indispensable image de marque de qualité.

LES MOYENS DE L'AMBITION...

En renforçant l'exploitation agricole...tout en allant plus loin *pour produire propre, cultiver sans gaspiller, préserver l'eau, recycler sous-produits et déchets* ; le métier se transforme... agriculteur est plus, aujourd'hui, une profession intellectuelle et scientifique qu'un métier physique. Renforcer l'exploitation, c'est aussi surveiller de très près les achats de terre...et attention de ne pas confondre la dimension des exploitations et leur efficacité...le regroupement des forces est une bonne solution et ce d'autant plus que l'exploitation familiale n'est plus le modèle dominant. A l'image de SOFIPROTEOL, devenu AVRIL, les producteurs doivent s'organiser dans un esprit de filières, l'intégration du progrès est une nécessité de même

que le besoin d'apports nouveaux scientifiques et techniques... malheureusement cela s'oppose à *des précautions excessives et aux préjugés de la société ou souvent la déraison l'emporte*. Robotique, numérique, révolution génétique, biotechnologies, sont des conditions à la performance et à la réussite...tout en sachant s'adapter aux impératifs du changement climatique.

LE MONDE CHANGE... ADAPTONS-NOUS...

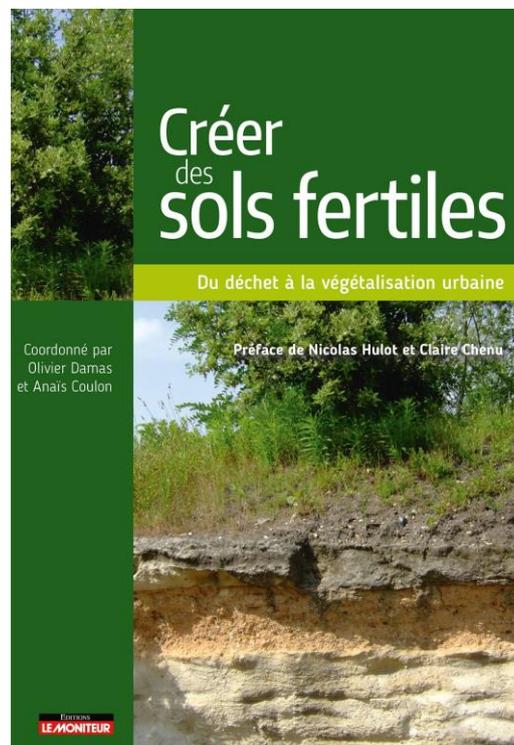
1970 ...l'agriculteur découvre qu'il est un pollueur...*c'est difficile à entendre !...* il a fallu s'adapter... le développement du « Bio » en est en partie une conséquence tout comme *la montée en gamme de l'agriculture et de l'alimentation conventionnelles* ; mais les efforts faits sur l'environnement, le sanitaire, la qualité, n'ont pas été payés de retour sur le plan des prix...d'où nécessité de ne pas laisser le marché tout régler. S'adapter à la nouvelle donne du pouvoir des consommateurs est à prendre en compte...*les agriculteurs ne sont plus les seuls patrons du Territoire*, ...les citoyens, très majoritaires, se sont éloignés des mondes végétaux et animaux d'où des incompréhensions...*L'incertitude est partout...il faut rassurer et ouvrir nos fermes est une nécessité*. La société a toujours une bonne image de nos agriculteurs mais ils ne peuvent pas rester figés dans une image du passé !

Pour terminer, à la lecture du livre, un autre titre aurait pu convenir...

NOTRE AGRICULTURE...DAVANTAGE PORTEUSE D'ESPOIR QUE DE CRAINTES

CRÉER DES SOLS FERTILES - DU DÉCHET À LA VÉGÉTALISATION URBAINE¹

par Anaïs COULON et Olivier DAMAS



¹ Éditions Le Moniteur, Hors collection, novembre 2016, 336 pages.

Pierre Donadieu². – Cet ouvrage très documenté s'adresse principalement aux aménageurs urbains, aux urbanistes et aux paysagistes en particulier. Il a été réalisé dans le cadre du programme de recherche SITERRE, consacré « aux procédés de construction de sol à partir de matériaux innovants en substitution à la terre végétale et aux granulats de carrière ».

Les sols anthropisés dont il est question, l'avertissement du début de l'ouvrage le rappelle opportunément, ne sont pas destinés à la production agricole. Ils sont pensés, réalisés et gérés comme supports de production des biens et des services non alimentaires en milieu urbain. À ce titre, ils déterminent l'existence des « espaces verts » en offrant aux citoyens tout ou partie des services écosystémiques que prévoit le *Millenium ecosystem assessment* de l'Organisation des États-Unis (2005).

Après avoir rappelé les fonctions et services (approvisionnement, régulation, culture) rendus par les sols végétalisés en ville, le premier chapitre précise la typologie des espaces verts urbains (treize catégories). Sont distingués les sols reconstitués, surtout avec les terres dites végétales d'origine agricole, des sols fonctionnels construits à partir des sous-produits organiques et minéraux de la ville. Ces derniers sont l'objet de l'ouvrage.

En s'inscrivant dans un modèle d'économie circulaire, le deuxième chapitre indique les principes de conception d'un sol construit. Ils reposent sur la définition d'un profil de sol en fonction des usages prévus (support, alimentation en eau, filtre/échange) pour cinq modèles fonctionnels, du parc à la rue et aux arbres d'alignement. Sont ensuite précisés les vingt-sept matériaux potentiels, organiques et minéraux, de construction des horizons d'un sol artificiel.

Dans le troisième chapitre sont indiquées les méthodes d'évaluation de la qualité des sols construits à partir de mélanges de sous-produits et de déchets recyclés, et notamment celles des risques sanitaires et de la fertilité. Les résultats obtenus indiquent que, à part quelques exceptions, les sols construits peuvent remplir les mêmes fonctions que la « terre végétale », et même offrir une efficacité supérieure pour la régulation du climat global (faible coût du transport).

Dans les deux chapitres suivants, les modalités techniques et pratiques de construction d'un sol sont précisées, notamment pour se procurer les matériaux, fabriquer les mélanges, mettre en place les sols, puis les planter ou les semer. Ces processus supposent de structurer une filière technique et économique de construction de sols. Il s'agit de restaurer et de valoriser les biens et services fournis par la nature en ville, d'une manière qui pourra devenir concurrente avec les apports de terre végétale, de plus en plus coûteuse.

Les auteurs pointent les limites juridiques au développement de cette nouvelle technique. Ils font état des résultats de recherche sur l'acceptabilité sociale des matériaux et mélanges, laquelle est fonction de la connaissance que le public en a et des jugements positifs ou négatifs qui leur sont attribués. Le dernier chapitre (une centaine de pages) est consacré à dix-neuf fiches techniques très détaillées concernant les matériaux et les mélanges utilisables.

Cet ouvrage innovant, fondé en grande partie sur les résultats scientifiques de recherches récentes, renouvelle les connaissances sur les sols supportant les espaces verts. Il offre aux aménageurs, notamment aux paysagistes, une synthèse originale et très utile des connaissances sur les modalités de recyclage des déchets et des sous-produits urbains pour en faire des substrats inscrits dans le modèle de l'économie circulaire.

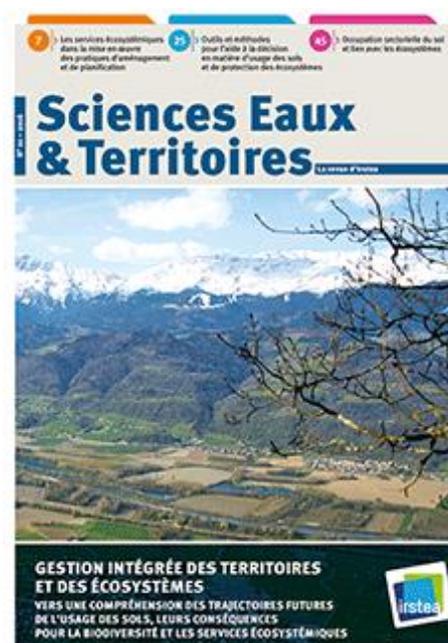
Le lecteur regrettera peut être l'absence de deux thèmes. D'abord le choix qui a été fait de ne pas traiter l'usage agroalimentaire de ces substrats. Bien qu'une partie d'entre eux, comme les composts issus de déchets végétaux, soient aujourd'hui d'usage courant pour les jardinages et les agricultures urbaines en développement rapide. Même si les risques pour la santé publique ne peuvent être niés. Ensuite, la relation

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur émérite en Sciences du paysage de l'ENSP de Versailles-Marseille.

entre les sols construits et la biodiversité cultivée et spontanée –des sols en particulier- n'est pas évoquée, alors que, dans la ville, c'est un indicateur de la santé des écosystèmes et un facteur de la production des services écosystémiques.

GESTION INTÉGRÉE DES TERRITOIRES ET DES ÉCOSYSTÈMES

Vers une compréhension des trajectoires futures de l'usage des sols, leurs conséquences pour la biodiversité et les services écosystémiques¹



par Nathalie **BERTRAND** et Adeline **BIERRY**

Christian Lévêque². – Ce numéro 21 de Science Eaux & Territoires présente les résultats du projet ESNET (Ecosystem services network) dont l'objectif était de mieux appréhender les dynamiques et les enjeux des services écosystémiques dans les projets de territoire. Cette recherche qui se veut interdisciplinaire est adossé à une démarche participative autour de l'utilisation des terres et des priorités que les acteurs locaux accordent aux services écosystémiques dans la région urbaine grenobloise. Ce programme a mis l'accent sur la cartographie et la modélisation comme outils de gestion.

Une première partie concerne l'opérationnalité et les limites du concept de services écosystémiques. Si ce concept a permis de faire avancer la cause de la biodiversité chez les politiques et dans les sphères économiques, son opérationnalité est néanmoins délicate. Comment évaluer la contribution des écosystèmes aux bénéfices retirés par la société ? Ce concept recouvre deux volets : la connaissance du fonctionnement des écosystèmes et le processus à l'origine de la fourniture de services (volet écologique) et la contribution des écosystèmes au bien être humain (volet social). Une démarche est proposée ici sous forme de réseaux de

¹ Sciences Eaux & Territoires – IRSTEA.

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France.

services écosystémiques mettant en relation les services avec les demandes des acteurs exprimées au travers des enjeux de gestion du territoire.

Dans la seconde partie on nous propose des éléments méthodologiques dans une perspective d'aide à la décision en matière d'usage des sols et de protection des écosystèmes :

- analyse des dynamiques paysagères par cartographie dans le bassin de vie de Grenoble entre 1998 et 2009 pour prendre en compte l'occupation des sols incluant les successions culturelles afin d'améliorer les évaluations de services écosystémiques ;
- indicateurs rapides pour l'évaluation des fonctions des zones humides dans la perspective de compensation des fonctions de zones humides en cas d'impact sur ces milieux ;
- MUSE (milieux urbains et services écosystémiques) est un outil d'évaluation des services écosystémiques en milieu urbain mobilisable par les collectivités.

Dans la dernière partie plusieurs pistes d'évaluation et de modélisation des services écosystémiques sont proposées, partant du principe que la modélisation s'est imposée comme un outil majeur dans l'analyse des pressions exercées par l'activité humaine sur les écosystèmes et constitue un outil pertinent d'analyses des politiques de planification territoriale. Ainsi, un article est consacré à la modélisation des changements d'usage et de couverture des sols comme outil d'aide à la planification territoriale. Un autre concerne la modélisation et la quantification de services écosystémiques forestiers à l'échelle des petits territoires au travers de trois cas d'études concernant la forêt de montagne. Une note cherche à démontrer comment le concept de services écosystémiques peut faciliter les débats et les arbitrages dans les politiques d'aménagement du territoire avec l'exemple de Bordeaux Métropole.

Ces différents travaux ont leur logique et ne s'aventurent pas dans les évaluations monétaires. On sent néanmoins que le but ultime pourrait être de produire un nouvel outil de planification pour répondre aux attentes des fonctionnaires des ministères. Comme le dit l'un des auteurs, cette question des services est analysée par le monde de la recherche sous un angle analytique et dans une prospective qui tient essentiellement de la logique exploratoire. Mais des questions se font jour sur un possible glissement vers une prospective plus normative susceptible d'impacter la gouvernance des territoires.

Ces résultats devraient être confrontés aux conclusions d'économistes comme Yann Laurens (2014)³ pour qui l'évaluation des services écosystémiques serait principalement un outil rhétorique servant d'argument dans les processus de justification et de légitimation des décisions. Elle ne serait pas adaptée à fonder des arbitrages car elle ne repose pas sur des données suffisamment précises et robustes et les méthodes utilisées ne sont pas reproductibles et acceptées par tous.

Sommaire

Gestion intégrée des territoires et des écosystèmes – Introduction

Témoignage d'acteurs – Le concept de service écosystémique comme passerelle entre science et société

Gestion intégrée des territoires par une approche par les réseaux de services

Implication des parties prenantes d'un projet de territoire dans l'élaboration d'une recherche à visée opérationnelle

Analyse des dynamiques paysagères dans le bassin de vie de Grenoble entre 1998 et 2009

Pertinence et reproductibilité d'indicateurs rapides pour l'évaluation des fonctions des zones humides : comparaison avec des indicateurs basés sur des données plus approfondies issus du programme

RhoMéO

³ Laurens Y., 2014. Comment peut-on être économiste de la biodiversité ? La revue d'humanité et biodiversité, 1 ; 91-101.

Écologisation de la prospective des territoires au prisme des services écosystémiques : éléments et questionnements à partir de l'enjeu eau

Les enjeux de politiques publiques territoriales comme clef d'entrée des services écosystémiques

La modélisation des changements d'usage et de couverture des sols comme outil d'aide à la planification territoriale

Modéliser et quantifier les services écosystémiques forestiers à l'échelle des petits territoires

Mieux compenser les impacts sur les zones humides : modélisation de différentes approches dans la région de Grenoble

Note – L'usage de la cartographie des services écosystémiques pour faciliter les débats et les arbitrages dans les politiques d'aménagement du territoire : l'exemple de Bordeaux Métropole

Témoignage d'acteurs – Le réseau d'eau potable de Paris : la nature au service de l'eau et l'eau au service de la nature en ville

ITINÉRAIRE D'UN JARDINIER-VOYAGEUR¹



par André NEVEU²

Joseph Garnotel³. – Tel est le titre du livre qu'André Neveu propose à notre attention. Il s'agit de mémoires parcourant les multiples lustres que notre confrère de l'Académie d'agriculture de France a parcourus sur terre. On souhaite à l'auteur une longue vie, ne serait-ce que pour son petit-fils, qui lui suggéra le titre de cet ouvrage en déclarant un jour : « lorsque je serai grand, je ferai comme Papi, je serai jardinier-voyageur.

¹ Éditions L'Harmattan, 2017, 236 pages.

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France, ancien adjoint au Directeur de l'Agriculture et des Collectivités locales de la Caisse nationale de crédit agricole.

³ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France.

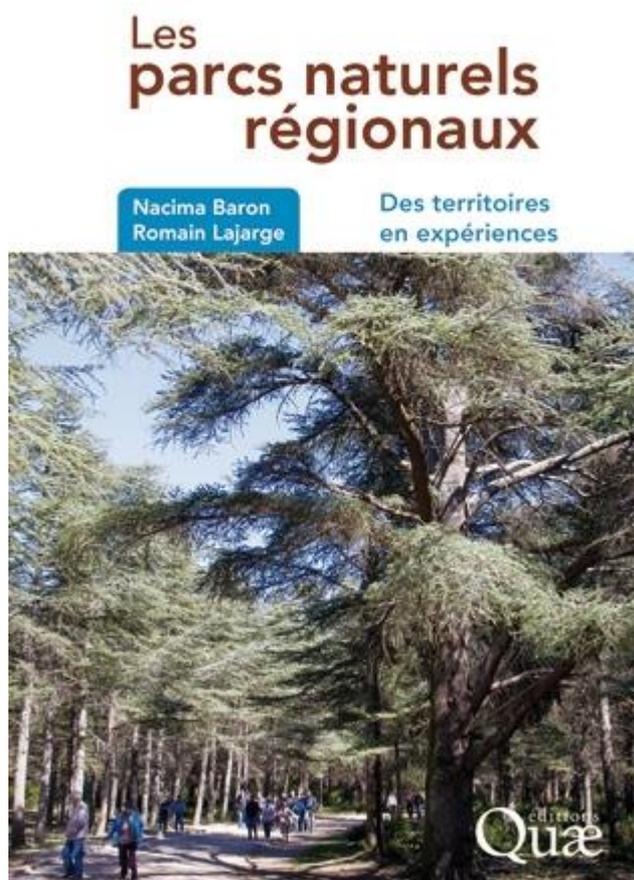
On prend plaisir à ce voyage dans le temps qui commence dans les souvenirs de l'auteur avec la Seconde Guerre mondiale et son lot de misère. Mais nul doute que c'est dans ce contexte que le jeune André forgea son caractère. Elevé dans une famille dont les parents sont tous deux instituteurs, on ne s'étonnera pas de le voir suivre de solides études jusqu'à Grignon qui formait à l'époque des praticiens de l'agriculture avertis. Il y croisera Jean Chombart de Lauwe qui lui instillera le goût de l'économie rurale.

L'Afrique l'appela ensuite, comme de nombreux diplômés de sa génération, nourris des lectures de René Dumont. Il y séjournera de 1963 à 1966, en parcourant de nombreux pays pour le compte du Bureau pour le développement de la production agricole (BDPA). Les questions qu'il se pose encore à propos du développement agricole de l'Afrique noire, sont toujours d'actualité, malheureusement.

L'âge de la maturité venant, c'est sur le Crédit Agricole qu'André Neveu jeta son dévolu. Il s'y consacra pendant une trentaine d'années, faisant de ce « spectateur engagé » un des meilleurs experts du genre. On s'amuse des mœurs de la Grande Maison du boulevard Pasteur qu'André Neveu décrit avec humour. A la Caisse nationale de Crédit Agricole, « l'étage noble », celui où sévissent le président et le directeur, est le 14^{ème} étage, et le « projet de vie » des plus ambitieux est d'occuper un bureau (si possible avec vue sur la tour Eiffel) au plus près de ce nirvana.

Le livre se clôt avec les combats de l'auteur, dont les habitués de l'Académie d'agriculture de France bénéficient grâce à l'engagement d'André Neveu dans l'Assemblée de la rue de Bellechasse.

LES PARCS NATURELS RÉGIONAUX. DES TERRITOIRES EN EXPÉRIENCES



par Nacima **BARON** et Romain **LAJARGE** - Éditions Quæ, 2015, 247 pages

Nadine Vivier⁴. – A l'approche des 50 ans d'existence des parcs naturels régionaux (PNR), deux géographes leur ont consacré leurs travaux, s'interrogeant sur leur succès qui ne se dément pas. Pour cela, ils se sont fondés sur les documents produits par les parcs eux-mêmes, par les ministères avec lesquels ils sont en relation et par l'Office National des Forêts. D'autre part, ils ont procédé à des entretiens avec une vingtaine de témoins de la période de gestation, et bien d'autres avec les acteurs actuels.

Leur ouvrage s'organise très logiquement en trois parties : la première sur l'histoire de leur création, la seconde sur leur expérience et adaptation institutionnelle et la dernière sur leur action pratique. Les racines de la genèse des parcs se retrouvent dans celles de la naissance de l'idée de nature, dès la fin du XIXe siècle⁵. Ici, les géographes se contentent de commencer dans les années 1960, dans un moment d'essor économique, de projets d'aménagement du territoire et de réflexion sur le rapport Homme/Nature. Ces projets reflètent le foisonnement idéologique de cette époque, y compris la nostalgie des valeurs rurales et la volonté de conservation. Au début des années 1960, un groupe de hauts fonctionnaires invente ces PNR pour faire contre-point aux Parcs Naturels et leurs conflits internes, et pour gérer les bassins miniers en reconversion. Les expériences étrangères servent d'élément de réflexion et la DATAR qui reprend le dossier envisage les PNR comme des « infrastructures naturelles en réseau ». Leur nom est assez mal choisi puisque ce ne sont pas des parcs (dans leurs divers sens), ni des parcs naturels (vocation des Parcs Nationaux) puisque ce sont des régions habitées. De plus ils sont qualifiés de régionaux en un temps où on songe à la régionalisation mais où l'initiative de création des PNR est donnée aux associations locales. Malgré ces ambiguïtés, dans l'effervescence intellectuelle du colloque de Lurs en 1966, le décret de création est signé par le général De Gaulle lui-même le 23 mai 1967. Comment cette notion « insaisissable idéologiquement, composite et instable » a-t-elle pu se révéler pérenne ?

La réussite progressive et pragmatique est traitée dans la deuxième partie en s'attachant aux aspects institutionnels. Les créations de parcs furent souvent conflictuelles, aplanies par de longs processus de négociations. Elles sont passées par cinq phases : en 1969-70, les premiers PNR s'inscrivent dans l'optique de l'aménagement du territoire (la DATAR) ; les créations s'accroissent de 1972 à 79 dans le contexte des politiques environnementales du président Giscard d'Estaing, et l'on tente la valorisation économique à partir de leur patrimoine naturel ; de 1985 à 1989, les ambitions économiques se renforcent, intégrant le tourisme comme activité bien adaptée au développement de ces régions ; de 1995 à 2000, les deux conceptions différentes président aux créations, protection ou développement, enfin depuis 2001, les nouveaux PNR, aux profils divers valorisent les valeurs naturalistes. On voit nettement la grande adaptabilité de ce concept de PNR. De plus lors des renouvellements périodiques des chartes, ils ont tendance à élargir leur champ d'intervention. Tout ce développement s'appuie sur 16 planches d'excellentes cartes.

Dès 1971 est créée la Fédération des PNR afin de « faire réseau », de défendre et illustrer ce modèle institutionnel en France et à l'étranger ; la coopération internationale se confirme. Les PNR se dotent peu à peu d'équipes spécialisées et professionnelles. En 2007, le CORP (Conseil d'Orientation, de Recherche et de Prospective) est créé pour aider la Fédération avec un « argumentaire scientifique et éthique », pour encourager la recherche et réfléchir à l'avenir des parcs. Les auteurs soulignent l'attractivité des PNR, qui se marque par les nouvelles candidatures à rejoindre les 51 parcs labellisés. Cette attractivité provient des moyens attribués aux parcs, à leur travail en réseau et leur rôle d'expérimentation, à l'évaluation périodique de leur charte négociée avec les élus locaux et bénéficiant de la reconnaissance nationale. Elle est liée aussi à

⁴ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur des Universités, Professeur d'histoire contemporaine, Université du Maine, Faculté des lettres et sciences humaines.

⁵ Raphaël Larrère a présenté cette préhistoire des parcs lors de la séance plénière de l'AAF organisée par François Colson le 18 janvier 2016.

l'adaptation continue des PNR aux cadres administratifs en mutation, aux différents niveaux, du local à l'international et leur capacité de négociation avec les multiples partenaires.

La troisième partie tente un bilan de l'action des PNR : « comment la myriade de programmes mis en œuvre fait-elle sens pour eux, pour les partenaires politiques et pour les habitants ? » Les PNR ont commencé avec un programme ethnologique : transmettre un savoir sur les sociétés locales (création d'écomusées, maisons...) afin de compenser la modernisation des campagnes. Puis la dichotomie urbain /rural a été dépassée au profit de l'idée post-rurale d'interdépendances croissantes et de l'accent mis sur les paysages. Malgré tout, les PNR restent identifiés ruralistes car cela leur procure des attentions politiques. Les conceptions de l'action en faveur du développement économique ont évolué. L'idée de vivre et travailler au pays défendue dans les années 1960 a été remplacée par celle d'aider à une cohabitation avec les néo-ruraux, et le maintien d'un tissu artisanal devient plus important que la performance économique. Les PNR aujourd'hui accompagnent la mutation de l'agriculture vers l'agro-écologie, ils portent des notions nouvelles, expérimentales, telles celles des prairies fleuries, le développement de circuits courts, la labellisation, le soutien à une agriculture raisonnée et bio.

Cette étude sur les parcs met en évidence la capacité d'adaptation des PNR aux évolutions de la société ; ils sont des médiateurs, des éducateurs et des facilitateurs qui expérimentent de multiples micro-actions, souvent novatrices. Ils essaient d'associer protection de la nature et maintien de petites régions rurales bien vivantes. Nul doute que la réussite des PNR a impressionné les auteurs qui concluent sur leurs forces et « quelques-unes de leurs faiblesses », mais celles-ci n'apparaissent guère. Seule angoisse : ces PNR si originaux, en avance sur leur temps, réussiront-ils à garder cette avance pour gérer les nouveaux défis ?

L'ACIDE FÉRULIQUE ET LA BIOCATALYSE : UN TANDEM EFFICACE POUR LA PRODUCTION DE NOUVEAUX ANTIOXYDANTS POLYPHÉNOLIQUES

par Armando REANO

Daniel-Eric Marchand¹ - Monsieur Armando REANO, doctorant au sein de la Chaire ABI (Laboratoire d'AgroParisTech basé à Reims) a soutenu sa thèse le 16 mars 2016 dans le cadre d'AgroParisTech. La Chaire ABI est un laboratoire de recherche intégré à la Bioraffinerie de Pomacle-Bazancourt dont l'activité repose sur la valorisation des co-produits issus des procédés industriels utilisés par différents acteurs de la bioraffinerie.

Depuis quelques années, la lutte contre les Gaz à Effet de Serre (CO₂ notamment), la réglementation et la demande sociétale de plus en plus pressantes favorisent un développement accru de la chimie du végétal en vue de faire émerger des produits biosourcés, durables, voire biodégradables, à partir de la biomasse et des co-produits des bioraffineries en particulier, en substitution de produits existants d'origine fossile.

L'acide férulique, qui possède des propriétés biologiques antioxydantes, anti-inflammatoire et antimicrobiennes déjà utilisées dans des formulations pharmaceutiques, est présent en quantité non négligeable dans le son de blé et la pulpe de betterave (blés et betteraves sont transformés en grande quantité sur le site de la bioraffinerie de Pomacle-Bazancourt). En le couplant à d'autres molécules, il est possible d'optimiser ses propriétés pour obtenir des structures bisphénoliques biosourcées pouvant remplacer avantageusement des additifs antioxydants existants destinés à préserver la dégradation oxydative des plastiques, mais présentant souvent des inconvénients majeurs, comme par exemple leur toxicité ou encore leur migration dans la matrice polymère et vers l'environnement extérieur. (Exemple : bisphénol A)

De fait, le choix de l'acide férulique en vue de synthétiser des composés bisphénoliques paraît tout à fait judicieux.

La thèse est structurée autour de 7 chapitres logiquement disposés. Mais chaque chapitre étant construit comme une publication à part entière, chacun peut être lu indépendamment. Après un premier chapitre faisant l'état de l'art sur les matières plastiques et leurs additifs, les antioxydants et leurs mécanismes d'action, la biomasse et sa valorisation, l'intérêt de l'acide férulique, composant présent à l'interface de l'hémicellulose et de la lignine largement présent dans la biomasse, un deuxième chapitre explicite la préparation d'une nouvelle classe de di- et tri-phénols biosourcés. Ces derniers sont obtenus par la voie d'une catalyse enzymatique (bio-procédé) en présence d'une lipase (rendements élevés, large éventail de structures, voie de synthèse aussi « verte » que possible) puis sont testés dans une large gamme de système de polymérisation afin de déterminer leurs activités antioxydantes et antimicrobiennes par différentes méthodes développées durant le projet. (Chapitre III à VI)

Les résultats des analyses antioxydantes montrent des activités antiradicalaires et antioxydantes élevées, similaires à celles d'antioxydants commerciaux (Irganox 1010, par exemple) en fonction de la nature du milieu solide (matrice polymère) dans laquelle ils sont incorporés. Les résultats obtenus engagent l'auteur à envisager une deuxième approche conduisant à la production d'oligomères/polymères polyphénoliques. En utilisant des catalyseurs métalliques et enzymatique, il montre qu'il est possible de préparer des polymères et oligomères polyphénoliques comportant, respectivement, des phénols pendants et des unités bisguaiacols. Les résultats des analyses de leurs pouvoirs antiradicalaires et antioxydants permettent de mettre en évidence une augmentation de l'activité jusqu'à atteindre une valeur maximum. De plus, un effet pro-oxydant, dû à une trop forte concentration en groupement phénolique, est également observé, ce qui montre bien l'influence du nombre de ces groupements phénoliques en présence sur l'activité antioxydante des composés testés.

Ainsi, grâce à l'utilisation combinée de la bio-catalyse et de l'acide férulique, ce projet a permis l'obtention de polyphénols biosourcés présentant de fortes activités antioxydantes et antiradicalaires, faisant de ces polyphénols de potentiels substituts durables aux antioxydants commerciaux pétro-sourcés actuels.

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, ancien Directeur de participations chez UNIGRAINS, en charge de l'agro-industrie et du secteur « semences et biotechnologies végétales ».

Finalement, l'activité antimicrobienne des bisphénols issus de l'acide férulique est déterminée en milieu liquide et gélosé, dans le chapitre VII.

Le dernier chapitre "conclusions et perspective" résume parfaitement le travail de thèse et indique les possibles voies d'amélioration de ce dernier. On est en présence d'un travail pertinent, aux caractéristiques pluridisciplinaires, appuyé par de très nombreuses publications, qui laisse entrevoir de belles perspectives en chimie du végétal. Ce travail a déjà été valorisé par 3 publications (dont 2 dans lesquelles le doctorant apparaît en 1er auteur) dans de très bons journaux internationaux.

On peut simplement regretter qu'il ne soit pas fait la moindre allusion, à la non toxicité présumée de ces molécules, caractéristique à l'évidence essentielle, au-delà leur origine biosourcée, pour l'intérêt qu'elles présentent à se substituer à des molécules d'origine fossile reconnues comme toxique.

TRANSFERT DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES PAR LES ÉCOULEMENTS LATÉRAUX EN PROCHE SURFACE DANS LE BEAUJOLAIS DE COTEAUX. SUIVI SUR PARCELLE EXPLOITÉE, EXPERIMENTATION DE TRAÇAGE *IN SITU* ET MODÉLISATION¹

par Xavier PEYRARD

Yves Souchon². – Le transfert des produits phytosanitaires utilisés en agriculture depuis la parcelle jusqu'au versant, puis vers les cours d'eau est un processus complexe du double point de vue hydraulique et chimique. Il est essentiel de mieux le connaître pour être en mesure d'apprécier les risques vis-à-vis de l'intégrité biologique des milieux récepteurs (notion d'état écologique de la Directive Cadre Européenne sur l'eau) et vis-à-vis de la santé animale et humaine (abreuvement des animaux et alimentation en eau potable) et y remédier dans la mesure du possible. La décomposition spatiale du processus comprend un terme superficiel ou ruissellement, un écoulement via les drains artificiels quand les terres sont aménagées, et un écoulement vers la nappe phréatique lorsqu'elle existe. Lorsque les terres ne sont pas drainées, dans certaines configurations topographiques de forte pente et géologiques de socle imperméable sans aquifère, il existe un écoulement sous dermique qui est très mal connu et non quantifié. La thèse de Xavier Peyrard a cherché à mieux caractériser ce terme du transfert des pesticides par écoulement latéral superficiel dans la région viticole du Beaujolais. Plus précisément sur le bassin-versant de la Morcille aux sols sableux peu profonds, reposant sur un socle granitique ou sur une couche d'argile, propice à la genèse d'écoulements latéraux, avec deux horizons de sol à porosité contrastée.

C'est une thèse qui repose sur 3 piliers : (i) une étude bibliographique approfondie du processus de sous écoulement jusqu'alors mal synthétisé, (ii) une expérimentation *in situ* de 2 ans (mars 2014 à septembre 2015) en condition d'exploitation de la vigne grâce au creusement d'une tranchée instrumentée avec automate de prélèvement et à un traçage par injection de brome et de 5 pesticides et (iii) une modélisation des écoulements à l'aide du formalisme mécaniste du logiciel Hydrus 2D/3D.

Le manuscrit de la thèse se compose d'un mémoire de 262 pages et de 5 annexes. Deux publications en ont été extraites. Le mémoire est écrit dans un style clair, facile à suivre, les méthodologies sont bien décrites et les interprétations sont bien discutées.

Xavier PEYRARD met en évidence deux composantes de l'écoulement latéral suite à un évènement pluvieux (> 20 mm), un flux préférentiel rapide (exponentielle négative) dans un premier temps suivi dans un deuxième temps d'un flux matriciel à écoulement plus lent mais plus

¹ Thèse préparée au sein de l'équipe pollutions diffuses de l'UR MALY Irstea Lyon Villeurbanne et soutenue à Lyon, le 8 juillet 2016 dans le cadre de l'École Doctorale : Chimie à l'Université de Lyon I, spécialité environnement.

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Directeur de recherche, Irstea, Lyon.

continu. La concentration la plus importante de pesticides a lieu au cours de la première phase dans un ordre qui suit logiquement les propriétés physico-chimiques des substances. Mais en bilan de substances écoulées le flux matriciel est finalement plus contributif. Beaucoup de molécules ne sont pas retrouvées dans l'écoulement à 6 mois de l'injection ; il semble que leur dégradation en métabolites soit dominante sur le processus d'adsorption. Au final, ces travaux offrent une première caractérisation fine des transferts latéraux de produits phytosanitaires en proche surface, et dégagent l'identification des facteurs hydrologiques et physico-chimiques les plus influents pour ces transferts. L'une des originalités repose sans conteste sur une méthodologie très bien maîtrisée fondée sur une très bonne étude expérimentale alliant instrumentation in situ en condition de culture réelle de la vigne, observation, manipulation (injection) et analyses en laboratoire.

La discussion de Xavier Peyrard montre une prise de hauteur par rapport à l'approche intra parcellaire mécaniste, puisqu'il relativise les ordres de grandeur entre écoulements hypodermiques matriciels et écoulements de surface (rapport de 1 à 100), discute des hétérogénéités géologiques susceptibles de modifier le modèle observé, du rôle de fractionnement du massif granitique par le système racinaire et s'interroge sur les fractions de métabolite des pesticides qui ne sont en général pas dosées et peuvent constituer des risques chimiques. Enfin, il décrit les trajectoires des flux avant le cours d'eau, qui peuvent rejoindre des zones boisées ou enherbées et être en partie stoppés et transformés ou au contraire profiter de courts circuits dans ces bandes riveraines et gagner directement le cours d'eau.

Nous recommandons la lecture de cette thèse à tous ceux qui veulent comprendre les sous écoulements terrestres complexes associés au transfert des micropolluants issus des cultures et de leurs produits phyto sanitaires.

L'ALIMENTATION EN DROIT INTERNATIONAL¹

par Marie CUQ

François Collart Dutilleul². – La thèse soutenue par Marie CUQ présente deux grands intérêts. Tout d'abord, elle constitue une des rares thèses en droit sur un tel sujet. Ensuite, elle adopte un point de vue ouvert dans lequel on perçoit dans quelle mesure le droit est à la fois un frein et un moteur.

Le plus souvent, les travaux juridiques sont étroitement enfermés dans un segment disciplinaire de spécialité. Ici, avec une approche transversale, Marie Cuq peut éclairer la manière dont l'alimentation est saisie en droit international en la confrontant à la démarche conceptuelle du développement durable. Elle comprend l'alimentation en lien avec les piliers du développement durable afin de voir s'il s'en dégage une cohérence ou, si l'on préfère, l'ébauche d'un droit international de l'alimentation.

C'est pourquoi elle présente sa problématique en des termes qui montrent une double approche internationale de l'alimentation, à la fois segmentée ("pluralité") et transversale : *"Prônant une « approche systémique et transversale des problématiques juridiques », le développement durable peut constituer un instrument d'analyse du droit en vigueur mais aussi, dans une démarche plus prospective, permettre d'identifier des mécanismes permettant de « guider l'évolution et l'interprétation du droit afin d'y apporter une certaine cohérence ». Il en découle l'interrogation qui fonde la présente étude : compte tenu de la gestion intégrée des questions de développement promue au niveau mondial, de quelle manière le droit international, caractérisé par sa pluralité, parvient-il à appréhender les défis de plus en plus divers et interdépendants qui se posent à l'effectivité d'une alimentation adéquate ?"*

¹ Thèse soutenue le 1^{er} décembre 2016 et préparée dans le cadre de l'École doctorale Sciences juridiques et politiques (Nanterre) en partenariat avec le Centre de Droit international (Nanterre).

² Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Professeur émérite des universités.

Pour rendre compte de son analyse, Marie Cuq distingue l'alimentation comme objet (I) et comme objectif (II) du droit international.

Comme objet, le droit international apparaît segmenté et fragmenté.

De quoi dépend l'alimentation ? Elle dépend de la manière dont on utilise le droit international des investissements. Ce droit peut en effet conduire au développement du pays d'accueil ou à l'accaparement de ses terres et de ses ressources naturelles. Selon le cas, il sert ou non la sécurité alimentaire et, partant, l'alimentation. Marie CUQ fait le même constat avec le droit de la propriété intellectuelle. Dans la mesure où ce droit permet de s'approprier le vivant, il a un impact direct sur l'alimentation, via les brevets et les certificats d'obtention végétale.

Marie Cuq observe et montre que ces droits sont très imparfaits pour au moins deux raisons. D'un côté, ils n'ont ni pour objet ni pour objectif d'assurer la sécurité alimentaire et ils ne visent l'alimentation qu'indirectement. Mieux même, ils s'appliquent à tous les investissements et à toutes les innovations, sans discernement entre ce qui impacte les marchandises ordinaires et l'alimentation. D'un autre côté, ils ne sont pas articulés ensemble. Leur segmentation ne permet pas d'assurer leur cohérence au regard de l'alimentation. Sans doute ces droits internationaux laissent entrevoir des exceptions possibles ouvrant sur leur adaptation à l'alimentation. Il en va ainsi, par exemple, du droit des investissements qui est avant tout préoccupé de la protection des investisseurs, plus que de l'efficacité de l'investissement au profit du pays d'accueil. Il en va de même de l'accord ADPIC. Ce ne sont pas de réelles portes ouvertes et Marie Cuq montre la logique commerciale ou financière qui domine l'application des règles fragmentées au secteur de l'alimentation.

Cette fragmentation se manifeste également dans les règles qui gouvernent le commerce international. Le droit international promeut la libre circulation marchande des aliments. Cela revient à considérer les aliments comme des marchandises ordinaires, avec des inégalités dans l'accès aux marchés censés être concurrentiels. Mais les distorsions de concurrence sont nombreuses, tant au regard des obstacles quantitatifs que des obstacles qualitatifs au commerce. La spécificité du commerce international des produits agricoles, pourtant reconnue par la présence d'un accord spécial sur l'agriculture à l'OMC, ne l'est en réalité que dans des circonstances exceptionnelles. Et l'article XX du Gatt, tel qu'il est interprété par l'ORD, ne permet pas jusqu'à présent d'ouvrir sur le renforcement de la sécurité alimentaire.

Sans doute y a-t-il des évolutions qui renforcent la réglementation de la production et de la circulation des aliments. Cela se manifeste à travers les principes et lignes directrices, relatives aux investissements dans l'agriculture et l'exploitation des ressources naturelles, émanant des organisations internationales telles que la Banque mondiale ou la FAO. Cela se manifeste également par les essais d'encadrement de la propriété industrielle par le moyen de conventions internationales visant les savoir-faire paysans, la préservation de la biodiversité agricole, le partage des bénéfices issus des inventions de variétés nouvelles. Mais ces tentatives n'ont eu qu'une portée très limitée.

Les efforts ont été plus efficaces s'agissant de la réglementation internationale du commerce alimentaire. Les "produits de base" ont ainsi retenu l'attention tout au long du Gatt puis de l'OMC. Mais sans pouvoir aboutir à ce qu'envisageait la négociation du Cycle de Doha décidée en 2001. En revanche, la réglementation de la qualité alimentaire a connu une meilleure fortune, grâce à l'OMS, au rôle de plus en plus important joué par le *Codex alimentarius* et à la reconnaissance de celui-ci à l'OMC.

En revanche, l'Europe a des difficultés à renégocier des Accords de partenariat économique avec les pays ACP, tant en raison des réticences de ces pays face à une plus grande libéralisation des marchés qu'en raison des difficultés à corréliser ces accords avec les règles de l'OMC.

Au fond, quand le droit international s'applique au secteur agricole et agroalimentaire sans spécificité marquée, la sécurité alimentaire ne sort pas renforcée parce qu'elle suppose la conjonction de champs juridiques qui ne sont pas conçus en conséquence.

Qu'en est-il lorsque le droit international s'assigne la sécurité alimentaire comme un objectif spécifique ?

L'analyse que fait Marie Cuq montre très bien que, si la sécurité alimentaire est parfois très présente dans des textes internationaux, c'est généralement de manière non directement contraignante.

Il y a d'abord un ensemble de règles et de textes qui visent à appréhender quantitativement la disponibilité alimentaire et l'accès à l'alimentation. La FAO y joue un rôle prépondérant. Mais il s'agit essentiellement d'une approche quantitative et rien dans ces dispositions ne permet d'améliorer la répartition pertinente des denrées alimentaires disponibles. C'est par le commerce international, avec ses limites, que cette répartition s'opère, ce qui limite celle-ci aux espaces dans lesquels les populations disposent des moyens suffisants de subsistance.

Dans ce cadre, différents textes fixent ainsi des objectifs (objectifs du millénaire, objectifs du développement durable, lutte contre la faim...) dont les éléments statistiques permettent d'analyser les avancées.

Au cœur du dispositif du droit international, il y a bien sûr la reconnaissance d'un droit fondamental à l'alimentation parmi les droits économiques sociaux et culturels. Les droits de l'Homme comportent en effet différentes dispositions qui concernent la sécurité alimentaire, via le droit à l'alimentation, à l'eau, à des moyens suffisants de subsistance...

De tels droits s'exercent contre les Etats qui ont la responsabilité de leur mise en œuvre, avec différentes obligations qui s'y rattachent :

- obligation de "s'abstenir de prendre des mesures qui aient pour effet de priver quiconque de cet accès"
- obligation de protéger le droit à l'alimentation c'est-à-dire, selon le Comité des droits économiques, sociaux et culturels (DESC), « de veiller à ce que des entreprises ou des particuliers ne privent pas des individus de l'accès à une nourriture suffisante »
- obligation « de prendre les devants de manière à renforcer l'accès de la population aux ressources et aux moyens d'assurer sa subsistance, y compris la sécurité alimentaire, ainsi que l'utilisation desdits ressources et moyens. Enfin, chaque fois qu'un individu ou un groupe se trouve, pour des raisons indépendantes de sa volonté, dans l'impossibilité d'exercer son droit à une nourriture suffisante par les moyens dont il dispose, l'État a l'obligation de faire le nécessaire pour donner effet directement à ce droit (distribuer des vivres)"
- obligation de non-discrimination

Mais ces obligations ont une portée controversée au niveau des Etats et leur respect est évidemment très variable. Il s'agit pour les Etats de mettre en œuvre le droit à l'alimentation de manière progressive, sous un contrôle international, sous celui d'organisations associatives et parfois avec l'appui de juridictions nationales.

Il reste que le droit international, faiblement sinon non contraignant, conduit à reposer la question centrale de la hiérarchie des normes, de leur positivité et des moyens juridiques de les faire prospérer. C'est à une telle analyse que Marie Cuq se livre dans le dernier quart de sa thèse. Cette analyse la conduit à envisager les différents niveaux de droit les plus pertinents pour la mise en œuvre d'une politique de l'alimentation : international, régional, national et local. L'échelon des collectivités territoriales est en effet une voie qui, dans le cadre d'un principe de subsidiarité revisité, témoigne de la force possible d'une relocalisation des politiques publiques dans ce domaine. Il en résulte un débat très important, avec son lot de critiques et de controverses dont la thèse rend bien compte, sur la mise en œuvre multi-niveaux de la sécurité alimentaire.

Nul doute que la thèse est originale. Elle l'est d'abord car le nombre de travaux portant sur le droit et la sécurité alimentaire est très limité. Elle l'est aussi parce qu'elle permet de se rendre compte d'un panorama du droit international tantôt contraignant mais peu favorable à cette sécurité particulière et tantôt favorable à cette sécurité mais peu ou pas contraignant.

Au fond, les Etats ont tendance à signer d'une main des accords contraignants qui s'adaptent mal à la sécurité alimentaire et de l'autre des accords dont l'objectif est d'atteindre cette sécurité mais qui ne les obligent pas. On peut ainsi trouver les mêmes Etats qui signent les accords de l'OMC et les objectifs de développement

durable (ODD), sans trop de considération pour leur caractère contradictoire appliqué à l'éradication de la pauvreté et à l'accès de tous à une alimentation suffisante et de qualité.

A la lecture de la thèse, on comprend mieux les conséquences de l'absence d'une gouvernance mondiale de la disponibilité alimentaire, gouvernance que la Charte de La Havane aurait peut-être permis de constituer si elle avait été ratifiée en 1948 et si elle avait ainsi supplanté la mise en œuvre du Gatt. L'histoire de la sécurité alimentaire depuis la seconde guerre mondiale repose sur cet échec.

De ce point de vue, la thèse est très éclairante. Sans doute pourrait-on discuter le rattachement de tel ou tel champ du droit (par ex. le droit international de l'assistance alimentaire ou le droit international du développement des pays les moins avancés) à un objet (1^{ère} partie) ou à un objectif (2^{nde} partie) du droit international. Mais Marie Cuq argumente ses choix.

Dans l'avenir, cette thèse permettra de mettre en lumière et d'analyser les contradictions du droit international qui tantôt vise spécifiquement l'accès à l'alimentation et tantôt dessert cet accès. Ces contradictions masquent en réalité des divergences d'intérêts entre les pays historiquement développés et ceux qui semblent devoir rester indéfiniment "en développement". Le droit permet de mettre en évidence ces contradictions et la thèse le montre indirectement par la juxtaposition des développements des deux parties.

Il en résulte une présentation complète d'un diagnostic des problèmes, la thèse laissant ouverte la question des voies possibles et souhaitables d'évolution et de solutions.

Mais il reste que, à partir des constats présentés dans cette thèse, de nombreux autres travaux deviennent possibles. C'est un nouveau champ de recherche que cette thèse ouvre et, pour cela, elle mérite une grande attention.

Cette thèse conduit en effet le lecteur à se poser des questions nouvelles ou à faire évoluer son propre questionnement. C'est la première des qualités d'une thèse que de faire ainsi avancer de manière significative la recherche dans un domaine trop ignoré par les juristes et par le droit.

On ne peut donc que se réjouir et reconnaître la grande valeur d'un travail d'une telle ampleur et qualité.

COMPRENDRE ET PRÉDIRE LA QUALITÉ EN BOUCHE DE LA VIANDE BOVINE EN EUROPE.

par Sarah **BONNY**

Synthèse par Pascale Hebel¹. – Une des explications de la baisse de la consommation proviendrait de la trop forte variabilité de la qualité de la viande. Les consommateurs ont du mal à évaluer la qualité alimentaire de la viande de bœuf sans utiliser le prix, l'aspect visuel ou bien les informations fournies sur le produit.

L'objet de la thèse est de déterminer la qualité alimentaire de la viande de bœuf à partir d'un modèle australien (MSA) appliqué en Europe. Le modèle utilisé prédit la qualité gustative à partir de l'information sur le type d'animal, le système de production et l'utilisation de la carcasse. Les relations entre les classements EUROP des carcasses (conformation et état d'engraissement) et la qualité sensorielle réelle de la viande bovine appréciée par des consommateurs ont été mesurées. L'étude a été réalisée avec des données d'Irlande du Nord, d'Irlande du Sud, de la Pologne, de France et d'Australie. Les consommateurs qui ont comparé les différentes viandes ont été formés à la perception du goût. Au total, 960 consommateurs français, 469 consommateurs polonais, 469 consommateurs irlandais et 1552 consommateurs d'Irlande du nord ont participé à l'expérimentation. Chaque consommateur a noté la tendreté, l'appréciation de la flaveur, la jutosité et l'appréciation globale sur une échelle de 0 à 100 de sept échantillons de viandes parmi 300

¹ Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Directrice du département consommation au CREDOC.

types différents, avec une cuisson au grill uniquement. Les deux tiers des consommateurs ont noté les steaks grillés à point et un tiers des consommateurs a testé les steaks bien cuits. Les 4 notes ont été combinées ensemble selon une formule adaptée de celle préalablement publiée par Watson, Gee *et al.* (2008) pour calculer un score global de qualité sensorielle compris entre 0 et 100.

Un modèle statistique à effets mixtes a été appliqué à la note globale d'appréciation et à la combinaison des 4 notes. Deux effets fixes ont été introduits dans le modèle : le type de muscle et la combinaison « pays d'origine x sexe x durée de maturation » (qui variait selon les pays entre 5 et 28 jours). L'identifiant de chaque carcasse a été inclus comme un facteur aléatoire. Un second modèle de base a ensuite été utilisé : il comprenait les mêmes effets avec l'ajout du type de muscle comme effet fixe. Les notes d'engraissement et de conformation selon la grille EUROP ont ensuite été incorporées individuellement dans le modèle de base, ainsi que leurs interactions avec tous les effets fixes, afin de tester les effets de ces notes sur les notes d'analyse sensorielle. Dans tous les cas, les termes non significatifs ($P > 0,05$) ont été enlevés progressivement.

D'après les résultats de cette thèse, les mesures de type de carcasse utilisées dans le système MSA n'ont pas permis d'expliquer les différences de qualité perçues entre les différentes races ou morceaux de viande. En outre, les différences entre les sexes variaient selon les muscles, soulignant la nécessité de poursuivre les travaux sur ces différences. L'ossification est influencée par l'état hormonal d'un animal, par exemple la grossesse, la lactation, la castration et l'utilisation d'agents de croissance hormonaux. Cette ossification est beaucoup plus liée aux différences de qualité sensorielle que les types de carcasse. A partir de 300 carcasses différentes, il a pu être démontré qu'il n'existait aucun lien statistique entre le classement des carcasses et les qualités perçues par les consommateurs dans les différents pays européens étudiés.

Analyse critique

La thèse propose une très bonne synthèse des systèmes possibles pour évaluer la qualité des viandes et démontre l'inadéquation du système australien pour définir des qualités de viandes en Europe. La relation entre les appréciations des consommateurs et la quantité de la graisse intramusculaire, la teneur en humidité, la teneur en fer et en le collagène, soluble et insoluble est également explorée.

Les attributs biochimiques expliquent la majorité de la variation des scores des consommateurs. L'étudiant a su utiliser les bons outils statistiques pour évaluer estimer les principaux effets sur les scores de qualité gustative.

BIODIVERSITÉ ET FONCTIONNEMENT ÉCOLOGIQUE DES AGROÉCOSYSTÈMES A BASE DE MANGUIERS À LA RÉUNION¹

par Maxime **JACQUOT**

Christian Levêque². – La protection des cultures par une gestion agroécologique des systèmes agricoles nécessite de trouver des alternatives aux traitements chimiques. L'une des approches est d'exploiter le service de régulation naturelle de la biodiversité, par des pratiques culturelles pertinentes et par une gestion adaptée du paysage.

Le mémoire présenté porte sur un ensemble de vergers de manguiers à la Réunion. Il vise à mettre en évidence les facteurs influençant les régulations biologiques au sein du système écologique sous trois aspects principaux : la caractérisation de l'agroécosystème étudié (communautés, pratiques et paysage), l'identification et la compréhension des interactions multi-trophiques agissant dans les réseaux trophiques,

¹ Thèse soutenue le jeudi 17 novembre 2016 à la Faculté du Tampon de l'Université de La Réunion.

² Membre de l'Académie d'Agriculture de France.

l'identification du rôle des ennemis naturels, des pratiques agricoles et du paysage sur la régulation naturelle des insectes nuisibles.

Ce travail a nécessité un important inventaire taxinomique. Trois taxa apparaissent remarquables : les hyménoptères parasitoïdes et les araignées en richesse spécifique et les fourmis envahissantes en abondance. Le travail a été réalisé à la fois sur des vergers en agriculture biologique et des verges en agriculture conventionnelle

On peut apprécier que M. Jacquot ait abordé ses recherches sans a priori au sujet des espèces envahissantes. Ainsi, il a étudié à la fois les services et disservices (pour être à la mode) des espèces dominantes de fourmis envahissantes, ou plus exactement leur rôle de régulation aussi bien sur les organismes impactant la production agricole que sur les espèces jouant un rôle d'auxiliaire des cultures. Deux d'entre elles fournissent ainsi un service de prédation, et l'une d'elles réduit la diversité des ennemis naturels omnivores et semble expliquer la relation négative entre la diversité des omnivores et le service de prédation. Ce travail a également mis en évidence l'effet positif de la diversité des parasitoïdes et de la diversité des prédateurs, respectivement sur l'abondance des Cochenilles des Seychelles et sur le service de prédation en général.

L'ensemble des résultats permet d'identifier deux leviers majeurs pour la protection agroécologique des vergers de manguiers à La Réunion : la gestion d'enherbements diversifiés dans les vergers pour la lutte biologique par conservation ; la gestion collective du paysage (diversification des cultures, création d'habitats semi-naturels) pour limiter la proportion des vergers de manguiers et donc l'abondance d'une espèce d'insecte nuisible redoutable.

M. Jacquot n'a pas perdu de vue la valorisation pratique de son travail. Les résultats obtenus permettent d'émettre quelques recommandations sur les pratiques de régulation naturelle des ravageurs des vergers de manguiers. Par exemple, la gestion d'enherbements diversifiés dans les vergers permettrait la lutte biologique contre la Cochenille des Seychelles, par conservation de la diversité des parasitoïdes. A une échelle plus large, la réduction ou la limitation de la proportion des vergers de manguiers dans le paysage (diversification des cultures, maintien d'éléments semi-naturels) pourrait réguler le Thrips Sud-Africain des agrumes.

Il n'est pas surprenant que cette thèse laisse apparaître certaines zones d'ombre compte tenu de la complexité des processus en jeu, à diverses échelles de temps et d'espace. Divers résultats mériteraient d'être approfondis et il reste à mieux identifier les pratiques ou les caractéristiques du paysage qui permettent de favoriser la diversité des prédateurs et des omnivores, ou encore de limiter l'abondance des espèces de fourmis envahissantes. Mais ce travail intégré dans le projet BIOPHYTO propose des méthodologies, des méthodes d'analyse originales, des synthèses bibliographiques, qui faciliteront les recherches ultérieures.

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES, STRUCTURE INTERNE ET MÉCANISMES DE TRANSFERT DE L'OXYGÈNE DANS LE LIÈGE¹

par Aurélie LAGORCE-TACHON

Synthèse par Gérard Cuvelier². – Le liège est utilisé depuis des siècles pour obturer les bouteilles de vin du fait de ses propriétés mécaniques, de son imputrescibilité et pour l'étanchéité globale qu'il procure. Toutefois, cette étanchéité n'est que partielle, le liège permettant les échanges gazeux entre le vin et l'environnement extérieur. Les phénomènes de transfert d'oxygène qui se produisent au

¹ Thèse soutenue le 10 décembre 2015 pour obtenir le grade de docteur en Sciences de l'Alimentation de l'Université de Bourgogne Franche-Comté.

² Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Professeur à AgroParisTech, Directeur Adjoint de l'UMR AgroParisTech-INRA Ingénierie Procédés Aliments.

niveau du bouchon sont cruciaux pour permettre l'évolution de la qualité des vins au cours de leur vieillissement, cette évolution impliquant de nombreuses réactions d'oxydo-réduction.

Aurélié Lagorce-Tachon s'est fixé comme objectifs d'une part de mieux connaître la structure interne du bouchon de liège naturel et ses propriétés mécaniques en fonction du taux d'hydratation et d'autre part d'identifier le mécanisme limitant le transfert d'oxygène dans le liège. Elle a également étudié l'effet de la compression du bouchon et le rôle de l'interface verre/bouchon sur le phénomène de transfert. Un des intérêts de son travail est ainsi d'être au plus près des conditions effectives d'utilisation du liège.

L'utilisation des techniques de radiographie et tomographie neutron a permis d'accéder de façon non destructive à la structure interne du bouchon de liège et à la présence de défauts (lenticelles). La tomographie permet d'obtenir une image reconstituée en 3D du matériau. Les résultats obtenus, rapprochés de la méthode de tri visuel effectué en production par observation de la surface du bouchon, ont permis de valider la pertinence de ce type de contrôle. Pour une approche plus poussée en milieu industriel, si la méthode de caractérisation par neutron n'est pas envisageable, la tomographie aux rayons X, technique pour laquelle des équipements se développent actuellement, devrait être applicable à terme. Des résultats avec cette technique ont également été obtenus par Aurélié Lagorce-Tachon.

La mesure des propriétés mécaniques du liège en fonction de la teneur en eau a permis de montrer l'existence d'un seuil d'humidité relative (environ 50% à 25°C) en deçà de laquelle la rigidité du matériau et sa limite de déformation réversible pourrait entraîner un endommagement des cellules lors de la compression lors de la mise en place du bouchon sur la bouteille.

Le principal apport du travail, directement lié à la finalité même de l'utilisation du liège comme obturateur est sans nul doute l'étude du phénomène de diffusion de l'oxygène dans le dispositif bouchon/bouteille. Pour ce qui est de la diffusion dans le liège lui-même, au vu de ses résultats de perméation à pression d'oxygène variable, l'auteur prend nettement position pour un mécanisme limitant gouverné par la diffusion au travers des parois cellulaires suivant la loi de Fick. Le débat reste ouvert sur le rôle des plasmodesmes (canaux d'une 100^{aine} de nm de diamètre) qui permettraient la diffusion au travers des parois. Le coefficient de diffusion dans le liège ne semble pas affecté de façon majeure par la compression du bouchon lors de la mise en place dans le goulot de la bouteille. Aurélié Lagorce-Tachon a également mis en évidence le rôle déterminant que pourrait jouer l'interface verre/bouchon dans le transfert d'oxygène vers l'intérieur de la bouteille ouvrant ainsi la nécessité de considérer les possibilités de gérer cette interface par la gestion de la géométrie du bouchon et du goulot ou par traitement de surface du liège ou du verre.

Les travaux de thèse d'Aurélié Lagorce-Tachon ont le mérite d'avoir été conduits dans des conditions proches de l'utilisation réelle du liège, ils en permettent ainsi la transposition pratique. Ils ont été menés dans le cadre d'une collaboration déjà bien installée entre trois équipes de l'Université de Bourgogne/Franche Comté dont les complémentarités s'avèrent précieuses pour ce type d'approche et concourent à sa réussite. Ont ainsi été mobilisées les compétences en physicochimie des biopolymères de l'équipe Procédés Alimentaires et Physicochimie de l'UMR PAM (Procédés Alimentaires et Microbiologiques), en science des matériaux nanostructurés de l'équipe Adsorption sur Solides Poreux du Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, et en œnologie de l'Institut Universitaire de la Vigne et du Vin.

L'application d'une telle approche et sa mise en œuvre pour l'étude de l'évolution des propriétés du dispositif bouchon de liège/verre au cours du vieillissement de la bouteille de vin dans des conditions réelles de conservation paraît possible et prometteuse.

MIEUX VALORISER LES RÉSEAUX D'ÉPIDÉMIOLOGIE¹ LORS DE L'ÉLABORATION DU BULLETIN DE SANTÉ DU VÉGÉTAL

par Lucie MICHEL

Chantal de Fouquet². – Le plan Ecophyto prévoit la surveillance sanitaire des cultures afin de raisonner les applications de produits phytosanitaires. Mais les nombreuses données des réseaux d'observation sont encore très mal valorisées. La thèse présentée par Lucie MICHEL a pour objet :

(1) de tester différentes méthodes statistiques pour mieux caractériser, à l'aide de ces données, l'état sanitaire de plusieurs cultures et en prévoir l'évolution ;

(2) de proposer une méthodologie d'échantillonnage afin de réduire les coûts d'observations sans trop pénaliser la précision des estimations ;

(3) grâce à l'automatisation des calculs, de mettre en œuvre les outils statistiques retenus pour évaluer l'incidence des maladies et proposer des prévisions, ces résultats étant destinés à être publiés dans le Bulletin de Santé du Végétal (BSV).

Rendre la méthodologie opérationnelle, en impliquant étroitement les nombreux acteurs (y compris les agriculteurs destinataires du BSV) fait partie des objectifs de la thèse.

Le mémoire commence par un rappel synthétique sur les pesticides et l'évolution réglementaire, notamment les actions promues par le Plan Ecophyto. Le Bulletin de Santé du Végétal et les acteurs qui interviennent sont présentés. Le contexte de la thèse étant posé, le plan du mémoire est donné.

Cette introduction est bien rédigée.

Le premier chapitre pose les trois problématiques de la thèse, et présente les quatre cas d'étude :

- le cas d'étude principal est la septoriose du blé en Champagne-Ardenne. Les parcelles d'observation sont constituées de variétés différentes. De mars à juin, les observations sont effectuées sur les trois dernières feuilles déployées de chacune des 20 plantes prélevées aléatoirement dans la parcelle. Pour chaque feuille, la note d'incidence (sur 20) indique le nombre d'individus positifs.

Au printemps, un BSV hebdomadaire est publié pour les céréales.

- les trois autres cas sont le mildiou de la vigne en Midi-Pyrénées, et en Guadeloupe, la cercosporiose jaune du bananier et le charançon de la patate douce.

Le chapitre deux est un article en anglais, publié dans l'European Journal of Plant Pathology en 2016. Il présente les "modèles linéaires généralisés" (à effets fixes) et les "modèles mixtes linéaires généralisés" (pour introduire des effets aléatoires) retenus pour les ajustements. Deux classes de méthodes sont comparées, les statistiques fréquentistes (les paramètres étant ajustés par maximum de vraisemblance) et les statistiques bayésiennes.

L'étude porte sur la septoriose du blé en Champagne-Ardenne, les observations des trois feuilles étant traitées séparément. Les effets pris en compte sont le niveau de risque de la parcelle (trois modalités selon la date de semis et la variété) et l'effet (aléatoire) "site-année", soit quatre cas en modèle fréquentiste et bayésien respectivement (aucun effet, ou l'un des deux seulement, ou les deux).

¹ Thèse soutenue le 30 mai 2016 pour obtenir le grade de docteur délivré par l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), spécialité Sciences agronomiques.

² Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Directeur de recherche à l'École des Mines de Paris, centre de géosciences-géostatistiques.

Trois critères sont utilisés pour évaluer la qualité de l'ajustement : le critère d'information d'Akaike, la racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) ou de l'erreur de prédiction (RMSEP) ainsi que les critères AIC (cas fréquentiste) ou DIC (cas bayésien).

Le nombre de feuilles infectées est modélisé par une variable binomiale, dont les probabilités s'expriment (à une transformation logistique près) par une combinaison linéaire de la date, et si ces effets sont pris en compte, des indicatrices pour le risque (effet fixe), et de coefficients aléatoires pour l'effet site-année.

A mêmes effets pris en compte, les résultats apparaissent analogues par modélisation fréquentiste ou bayésienne, cette dernière fournissant une évaluation de l'incertitude mais nécessitant des temps de calcul beaucoup plus élevés.

Le modèle incluant les deux effets (risque et site-année) est utilisé pour prévoir l'incidence de la septoriose, une à quatre semaines après les dernières observations. La qualité de ces prévisions est évaluée par validation croisée (les dernières observations ne sont pas prises en compte, ce qui permet de comparer les prévisions à la "réalité" de l'échantillonnage). L'auteur discute et justifie les différences de qualité des ajustements et de précision des prévisions, très variables entre les trois feuilles.

La discussion des résultats est bien menée et convaincante (faible apport de la prise en compte du risque lié à la parcelle, par exemple).

Le lecteur non familier avec les modèles linéaires généralisés regrettera cependant l'absence d'explications de certaines grandeurs utilisées (la fonction logit, le critère d'information d'Akaike, les critères AIC et DIC...). Ces éléments pouvaient être reportés en annexe, pour faciliter la lecture du mémoire.

L'application de ces méthodes a nécessité leur programmation (codes fournis en annexe).

Une étude de sensibilité aux hypothèses (pourquoi pas la loi uniforme comme loi de probabilité non-informative par exemple) aurait été intéressante.

Le troisième chapitre (soumis pour publication) applique le modèle linéaire mixte généralisé aux quatre cas d'étude, ainsi qu'à celui de la septoriose du blé en région Centre. Les deux critères de qualité des ajustements sont le critère d'information d'Akaike et la racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE).

Pour la septoriose du blé, l'incidence est caractérisée par la médiane. Dans le cas de la région Centre, les prévisions à une ou deux semaines sont satisfaisantes.

L'ajustement en modèle bayésien s'avère problématique dans le cas du mildiou, pour lequel une variante du modèle de référence est utilisée.

Pour la cercosporiose jaune du bananier, l'estimation de la probabilité de dépassement d'un seuil fixé semble surestimer les symptômes, par comparaison aux comptages.

Enfin, dans le cas du charançon de la patate douce, le modèle tend à sous-estimer le nombre d'insectes en début de saison. Appliquée à un site particulier, la modélisation bayésienne indique une incertitude élevée.

Une discussion plus détaillée des résultats et plus systématique de la concordance (ou non) des deux critères (résultats présentés dans un tableau) aurait été intéressante, mais trouve difficilement place dans un article.

Au chapitre quatre, une méthodologie de réduction du nombre de parcelles observées est proposée à l'échelle régionale. Le principe consiste à réduire l'échantillonnage à la deuxième date d'observations, et à examiner les conséquences de cette réduction sur les prévisions à huit dates ultérieures. Le nombre d'observations est réduit suivant un critère de stratification (trois ou sept strates) effectuée à partir des résultats du modèle mixte linéaire généralisé ; deux autres critères de réduction sont comparés : la stratification (trois strates) selon le risque associé à la parcelle, et un sous-échantillonnage aléatoire. Selon le critère d'erreur quadratique moyenne, la stratification en sept strates à partir du modèle linéaire généralisé (recalé aux observations supposées disponible) s'avère préférable. Ce critère de stratification permet (y compris avec seulement trois strates) une réduction sensible du nombre d'observations, sans trop de perte de précision.

Le dernier chapitre présente la mise en œuvre opérationnelle de l'outil, en coopération avec de nombreux acteurs. Dans le cas de la septoriose du blé en Champagne-Ardenne, il est proposé d'utiliser les données pour représenter l'évolution de l'incidence à partir des observations, et à l'échelle régionale, pour estimer chaque semaine l'incidence de la maladie par groupe de risque, ainsi que son évolution les semaines suivantes. Les cartes d'observations et les synthèses de l'incidence, avec le report des résultats des années

précédentes, ont effectivement été publiées dans le BSV de Champagne-Ardenne, en respectant de strictes contraintes de temps. A la fin de la rédaction, l'automatisation du "rapportage" était en cours dans la région Centre, ainsi que pour le mildiou de la vigne en Midi-Pyrénées.

Ce chapitre laisse transparaître un certain enthousiasme : "pari gagné" pour les premières applications effectives de la méthode, avec à terme une meilleure prévision de l'évolution des maladies ou des ravageurs, permettant de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

La conclusion reprend la synthèse des principaux résultats et de leurs applications.

La rédaction du mémoire est claire et synthétique. Les chapitres en français comportent toutefois d'assez nombreuses "coquilles" et maladresses de style.

On regrettera également l'absence de résumé en français des deux articles en anglais. Le premier article, publié dans l'European Journal of Plant Pathology présente en effet le cadre méthodologique (fréquentiste ou bayésien), le choix du modèle (modèle linéaire mixte généralisé), le paramétrage, les critères d'ajustement, ainsi que l'examen détaillé des résultats dans le cas de la septoriose du blé et la comparaison pour les trois feuilles, qui sont des points techniques essentiels de la démarche.

Malgré ces quelques maladresses, ce travail présente un grand intérêt, car il permet de valoriser les nombreuses données de surveillance acquises ou dont l'acquisition est prévue. Les résultats des modélisations statistiques sont discutés sans que leur utilisation en agronomie ne soit jamais perdue de vue. Les applications sont pragmatiques. Cette thèse présente un bon exemple d'application aboutie de méthodes statistiques assez récentes.

CONTRIBUTION À L'AMÉLIORATION DES SYSTÈMES DE SURVEILLANCE PAR L'INTERCONNEXION : APPLICATIONS À TROIS MALADIES DE LA FILIÈRE ÉQUINE¹

par Jean-Philippe **AMAT** (ANSES)

Michel Thibier². – Le thème traité par cette thèse vient à point nommé ? À l'heure où certaines structures d'élevage sont soumises à l'impact catastrophique d'agents pathogènes redoutables ainsi que le subissent les éleveurs de volailles dans le Sud-ouest de la France par exemple. La surveillance sanitaire est bien un point critique de l'économie de l'élevage.

C'est de cela que traite cette thèse en choisissant un excellent modèle : l'espèce équine où l'effectif n'est pas gigantesque permettant de bien tester les diverses hypothèses sur le terrain et pourtant du fait de la longue histoire de son élevage, espèce dans laquelle la complexité des différents réseaux des acteurs et des systèmes de surveillance est particulièrement frappante.

La thèse de l'auteur est la suivante : **L'importance de la surveillance des maladies infectieuses est majeure, la qualité de celle-ci doit pouvoir être améliorée et dans cette hypothèse pour une espèce particulière, ici l'espèce équine, comment peut-on, doit-on procéder ?**

Si le choix de l'espèce est pertinent, celui des trois maladies équines ici prises comme modèle est également particulièrement judicieux, il s'agit de l'Anémie Infectieuse, maladie virale (due à un lentivirus) transmise par des vecteurs mécaniques et danger sanitaire de première catégorie (déclaration d'infection officielle), l'Artérite Virale Equine (AVE), d'origine virale également (artérovirus) de seconde catégorie au plan du risque sanitaire et la métrite contagieuse équine, maladie vénérienne redoutable, d'origine

¹ Doctorat de l'Université de Paris-Saclay préparée à l'Université de Paris Sud École doctorale n° 570, EDSP Santé Publique, spécialité : santé publique – épidémiologie.

² Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Professeur honoraire d'AgroParisTech.

bactérienne et de seconde catégorie. La fréquence de ces maladies estimée est modérée, voire très modérée, d'où la difficulté de détecter avec précision cette occurrence. Néanmoins l'impact économique dû aux conséquences cliniques et à la contagiosité nécessite en effet une détection de ces entités morbides dès que possible et avec la plus grande précision.

La rédaction de cette thèse comprend trois grands chapitres :

Le premier est la présentation issue de la recherche bibliographique de toutes les définitions et méthodes de surveillance sanitaire éventuellement pertinentes,

Le second rapporte l'abondance des travaux personnels de l'auteur,

Le troisième chapitre sous forme de discussion, traite des limites des résultats acquis et fait œuvre de prospective tant méthodologique que de recherche supplémentaire nécessaire.

Le premier chapitre est classique mais très utile. Outre la description des trois entités cliniques, des systèmes et dispositifs de surveillance divers et variés et des diverses parties prenantes de cet élevage qui constitue tout sauf une filière rationnellement organisée, l'auteur définit avec précision un certain nombre de concepts épidémiologiques dont les termes sont parfois flous et surtout les méthodes d'évaluation des systèmes de surveillance, point clef de son travail. La description des méthodes de capture-recapture qui vont jouer un rôle important dans cette thèse est particulièrement bienvenue. Très documentée, cette partie fait appel à de nombreuses références des disciplines démographiques ou encore écologiques. Avec un certain humour, l'auteur rappelle un des premiers travaux en la matière issu d'une publication de S P Laplace (1786) « Sur les naissances, les mariages et les morts ». Histoire de l'Académie Royale des sciences. (p.693).

Le second chapitre reflétant le travail de recherche personnel comprend 4 parties très complémentaires.

La première porte sur l'évaluation quantitative de la sensibilité du dispositif de surveillance de l'AVE chez les reproducteurs par méthode de capture-recapture uniliste et portant sur la base de données des reproducteurs dite Sire. Le choix de cette entité clinique est intéressant car elle comporte quelque difficulté d'interprétation de l'analyse sérologique de référence. L'auteur a mis en œuvre la méthode capture-recapture-par une approche Bayésienne. Le recours à un mode binomial tronqué en zéro a permis de prendre en compte l'hétérogénéité de la probabilité de détection. La sensibilité du système testé est de 82%, ce qui est en partie réconfortant sur le plan épidémiologique français. L'auteur critique efficacement le dispositif mis en œuvre et indique les pistes qu'il conviendrait de suivre pour améliorer la sensibilité de la surveillance.

La seconde traite de l'évaluation semi quantitative et comparative des systèmes de surveillance des trois maladies équine. La méthode d'évaluation dite « Oasis » a été utilisée. L'auteur met en évidence un certain nombre de faiblesses communes aux trois systèmes de surveillance et propose un certain nombre de recommandations d'interconnexion à mettre en place.

L'auteur consacre sa troisième partie de ce chapitre à l'identification et la hiérarchisation des sites d'amélioration et d'interconnexion des systèmes de surveillance de l'élevage équin, par un atelier participatif de 29 membres issus des différentes parties prenantes : professionnels et chercheurs. Celui-ci fut articulé en trois étapes : partage d'informations et implication des participants, travaux de groupe et restitution des échanges. Le résultat de cette démarche est particulièrement saisissant car selon l'auteur : « *Malgré la diversité des acteurs présents, le consensus a été aisé à recueillir car de très nombreuses convergences sont apparues au cours de l'atelier participatif* ». Un tel exercice n'avait jamais été entrepris et son succès est d'autant plus remarquable que les conclusions de développement futur proposé sont en cohérence avec les évaluations de la méthode Oasis, sur les points forts et les points faibles de la surveillance.

La quatrième partie constitue une synthèse des travaux effectués en analysant les domaines de la surveillance ayant fait l'objet de propositions d'interconnexion relatives d'une part à la structuration et à la gouvernance des systèmes de surveillance et d'autre part aux interconnectons scientifiques et techniques (collecte des données, analyse épidémiologique, valorisation etc..).

Le troisième chapitre, étendu (37 pages), de discussion générale aborde les avantages et inconvénients des différents points étudiés et proposés : choix des systèmes de surveillance, apport de l'interconnexion de la surveillance etc.

La conclusion courte est positive, tournée vers l'avenir et riche de propositions.

Sur la présentation, cette thèse est tout à fait satisfaisante, bien rédigée, contenant de nombreux tableaux (n = 25) et figures (n = 38) établis avec soin, à l'aide de couleurs appropriées et très didactiques. Les références bibliographiques sont correctement rapportées. Ce document comprend en outre 7 Annexes dont deux articles publiés dans des revues internationales soumises à une revue par les pairs et dont les Facteurs d'Impact sont de l'ordre de 2.5 soit parmi les meilleurs de ces disciplines (Vet Res. : 2.98)

En conclusion, cette thèse est en tout point remarquable, Elle fait appel à des outils et méthodes sophistiquées très bien maîtrisées et expliquées par l'auteur. Elles mettent clairement en évidence de nombreuses caractéristiques des systèmes de surveillance de maladies équinnes, points forts, points faibles. Au talent de chercheur de l'auteur, dominant la gestion et l'exploitation de bases de données, s'ajoute donc la qualité pédagogique de son exposé écrit et la force de conviction sereine à laquelle il a dû avoir recours pour obtenir un succès de son atelier participatif. Ceci lui a permis de projeter ainsi pour l'avenir, une meilleure surveillance de ces maladies animales, modèle surement utile pour d'autres contextes épidémiologiques de la santé animale.

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES PARTICULES ISSUES DU CHAUFFAGE DOMESTIQUE AU BOIS¹

par Benoit **Brandelet**

Xavier Deglise². – Le bois énergie prend de plus en plus d'importance dans notre pays et constitue la première source d'énergie renouvelable en France. Depuis quelques années il est de plus en plus l'objet de polémiques lors de phénomènes météorologiques conduisant à des pollutions atmosphériques durables comme au cours de ces hivers derniers. Le problème le plus important est le taux d'émissions de particules fines lors de la combustion du bois dans les foyers des appareils domestiques de chauffage au bois. Il était donc important que les émissions polluantes de ce secteur soient mieux analysées et comprises.

Le travail de fond qui a été entrepris est original par les moyens mis en œuvre et fondamental pour le développement de nouveaux appareils de chauffage individuel au bois avec des modes de fonctionnement adaptés.

Cette recherche ne pouvait être conduite qu'à l'ENSTIB, sous la direction du Professeur Rogeau, dans son groupe sur la combustion du bois, au sein du LERMaB, Equipe associée de l'Université de Lorraine et unité sous contrat de l'INRA.

Ce groupe unique en France dispose d'équipements de combustion nombreux et divers, de l'échelle domestique à l'échelle industrielle, et a accès à des méthodes analytiques variées et performantes.

Le mémoire de thèse présenté est divisé en cinq chapitres.

Le Chapitre 1 présente une étude bibliographique complète sur le chauffage domestique au bois dans le contexte énergétique actuel et les différentes technologies d'appareils présentes sur le marché. Un point a été réalisé sur les connaissances des émissions polluantes du chauffage domestique au bois.

Le Chapitre 2 détaille non seulement les différentes campagnes expérimentales, mais aussi les différents protocoles et les différentes analyses réalisées, notamment la mise au point de méthodologies de l'analyse OC/EC (carbone organique/carbone élémentaire) ou encore d'imagerie et de microanalyse X adaptées pour les particules issues de la combustion du bois.

Le Chapitre 3 a pour objet de définir les émissions types des différents appareils de chauffage domestiques, mais aussi les facteurs influant sur ces émissions, comme notamment la nature du combustible (essence, écorces, humidité). Le mode d'allumage (inversé ou traditionnel), les réglages des arrivées d'air et l'injection d'air secondaire ont été quantifiés.

¹ Thèse soutenue le 13 décembre 2016.

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

Le Chapitre 4 se concentre sur l'observation de l'évolution des particules dans le conduit d'évacuation des fumées. Les caractéristiques physico-chimiques de la matière particulaire sont donc définies de la chambre de combustion jusqu'à l'évacuation des fumées.

Pour terminer, le Chapitre 5 présente une analyse phénoménologique permettant de synthétiser et d'appliquer les résultats des chapitres précédents. C'est notamment dans ce chapitre que les mécanismes de formation/destruction et d'évolution des particules sont définis.

Ces connaissances obtenues par ce travail de thèse permettront d'adapter les utilisations des appareils de chauffage domestique au bois aux nouvelles problématiques environnementales sachant que les émissions d'un appareil de chauffage à bûches sont plus influencées par la méthode d'utilisation que celles d'un poêle à granulés par exemple, puisqu'aucune automatisation n'existe dans la combustion de bûches. Ainsi, l'utilisateur, via son choix de combustible et l'utilisation de son appareil, agit de manière directe sur la pollution atmosphérique.

A partir de ces résultats, l'évolution des caractéristiques et du nombre de particules depuis la chambre de combustion de l'appareil jusqu'au champ proche a été déterminée, permettant d'aller au-delà de l'étude normative classique. De nouveaux savoirs sur les particules ont ainsi été mis en évidence. L'ensemble de ces nouvelles connaissances, aidant à mieux connaître les particules produites par la combustion de bois dans des appareils indépendants, ouvre aujourd'hui de nouvelles pistes pour créer des systèmes de traitement spécifiques et efficaces.

Le travail réalisé pendant cette thèse, extrêmement important et complet, a permis d'acquérir de nouvelles connaissances qui fournissent de nombreuses données de base d'ores et déjà utilisées pour diminuer l'impact environnemental du chauffage au bois, mais aussi de développer des procédés innovants de filtration et pour identifier les mécanismes de modifications physico-chimiques des particules dans l'atmosphère.

Ce travail est particulièrement d'actualité et débouche sur des enjeux importants, à la fois de santé, de politique publique, d'aménagement du territoire ou d'emploi. Il permet de mieux comprendre les problèmes de l'utilisation du bois en tant que source d'énergie et de rationaliser son usage notamment quant au type de combustible bois primaire ou issu de « cascade ». Il est donc d'un intérêt fondamental pour notre Académie.

CARACTÉRISATION DU RÔLE DE TROIS FACTEURS DE TRANSCRIPTION, MtABL, MtABI5 ET MtHSFA2.2 DANS LA QUALITÉ GERMINATIVE DES GRAINES DE *MEDICAGO TRUNCATULA*¹

par Julia Zinsmeister²

Dominique Job³. – La thèse de Julia Zinsmeister, intitulée *Caractérisation du rôle de trois facteurs de transcription, MtABL, MtABI5 et MtHSFA2.2 dans la qualité germinative des graines de Medicago truncatula*, s'inscrit dans l'étude des mécanismes moléculaires et cellulaires impliqués dans l'embryogenèse chez les plantes, notamment dans les phases finales de la maturation des graines sur la plante mère pendant lesquelles sont acquises des propriétés physiologiques importantes tant au plan écologique (dispersion et survie des graines dans l'environnement, régulation des dormances et des germinations) que des applications agronomiques (qualité germinative conditionnant le rendement des cultures) et nutritionnelles (qualité et quantité des réserves) des graines.

¹ Thèse soutenue le 22 novembre 2016 et préparée au sein de l'école doctorale Végétal, Environnement, Nutrition, Agroalimentaire, Mer (VENAM) (spécialité : Biologie et Agronomie) et de l'unité mixte de recherche n°1345 « Institut de Recherche en Horticulture et Semences » (IRHS).

² Depuis janvier 2017, postdoctorante en physiologie de la graine au sein de l'entreprise Enza Zaden, Enkhuizen, Pays-Bas.

Courriel : julia.zinsmeister@laposte.net

³ Membre de l'Académie d'agriculture de France, directeur de recherche émérite au CNRS.

Un autre aspect particulièrement important au plan agronomique est que cette thèse porte sur la légumineuse, *Medicago truncatula*, plus communément appelée luzerne tronquée, plante herbacée de la famille des Fabaceae qui présentent la capacité unique de former des nodosités racinaires capables de fixer l'azote atmosphérique. *Medicago truncatula* est considérée comme la plante modèle des légumineuses. En effet, cette plante diploïde ($2n = 16$) présente une grande synténie (conservation de l'ordre des gènes entre deux espèces apparentées) avec certaines espèces cultivées comme le pois, le soja, la luzerne, l'arachide, les haricots, les lentilles, le pois chiche... La connaissance de son génome, sept fois plus petit que celui du pois, permet d'accéder très rapidement aux séquences génomiques d'intérêt et de produire des mutants qui servent notamment pour l'identification de leur rôle fonctionnel. Ces travaux de génomique et de génétique mettant à profit la synténie existant entre les espèces de légumineuses permettent d'identifier des gènes importants chez les espèces cultivées.

Les légumineuses sont en général cultivées pour leurs graines et, à ce titre, jouent un rôle majeur dans l'alimentation humaine et animale grâce à leur forte teneur en protéines (comprise entre 20% et 35% ; 100 g de légumineuses apportent autant de protéines que 100 g de viande). Toutefois, ces protéines ne sont pas toujours idéalement équilibrées pour l'alimentation animale et humaine puisqu'elles manquent souvent d'acides aminés soufrés comme la méthionine, un acide aminé essentiel. De fait, des recherches intensives sont actuellement consacrées à augmenter les taux d'acides aminés soufrés dans les graines de légumineuses. Les autres nutriments importants présents dans ces graines sont l'amidon et éventuellement les lipides (e.g. soja ou arachide). Par ailleurs, les légumineuses, du fait de leur capacité à réaliser la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, sont des plantes pionnières et jouent un rôle important dans la végétalisation des sols.

Enfin, il faut signaler que la soixante-huitième Assemblée générale des Nations Unies a proclamé 2016 Année internationale des légumineuses (AIL)(A/RES/68/231) et a désigné l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) pour faciliter la mise en œuvre de cet événement. La thèse de Julia Zinsmeister s'inscrit donc parfaitement dans le cadre de la célébration de cette Année à laquelle l'Académie d'agriculture de France a consacré, en 2016, de nombreuses séances et colloques.

La phase de maturation des graines est caractérisée par l'acquisition successive de composantes qui constituent la qualité physiologique d'un lot de graines, à savoir la tolérance à la dessiccation (capacité à survivre au retrait total quasi de l'eau cellulaire), la longévité (capacité de survivre à l'état sec pendant le stockage), la dormance ainsi que la vigueur germinative (capacité à germer de façon rapide et homogène quelles que soient les conditions de l'environnement). La production de lots de graines de haute qualité germinative représente un enjeu majeur pour les semenciers car elle constitue un levier clé pour augmenter les rendements agricoles. Cependant, les mécanismes régulant l'acquisition de la qualité germinative et, en particulier, la longévité restent peu connus. L'étude préalable conduite au laboratoire d'un réseau de co-expression génique de facteurs de transcription (protéines particulières se liant à l'ADN et régulant l'expression des gènes, c'est-à-dire l'accumulation des transcrits correspondant à ces gènes lors de l'étape de transcription) avait identifié trois gènes candidats associés à la longévité chez *Medicago truncatula* : *MtABL* (*ABA INSENSITIVE4-LIKE*), *MtABI5* (*ABA INSENSITIVE5*) et *MtHSFA2.2* (*HEAT SHOCK FACTOR A2.2*).

Sur ces bases, l'objectif de cette thèse, réalisée sous la codirection de Julia Buitink (DR INRA, IRHS Angers) et Olivier Leprince (professeur à Agrocampus Ouest, IRHS Angers) était de valider ces gènes et d'en comprendre la fonction chez *Medicago truncatula* et le pois par la caractérisation de mutants, soit d'insertion utilisant le transposon Tnt1 ou issus de la mutagenèse chimique à base de méthanesulphonate d'éthyle (mutagenèse EMS), perturbant/inactivant l'expression de ces gènes. Les résultats présentés dans cette thèse montrent clairement que les facteurs ABL et ABI5 jouent un rôle clé dans la maturation en régulant positivement la longévité des graines alors que celle-ci n'est pas affectée chez les mutants *hsfa2.2* inactivant le facteur HEAT SHOCK A2.2. Par ailleurs, Julia Zinsmeister a conduit des études transcriptomiques et biochimiques permettant de démontrer que ABL et ABI5 régulent la dégradation de la chlorophylle (impliquée dans l'activité de photosynthèse des graines au cours de la maturation) et l'accumulation des oligosaccharides de la famille du raffinose (sucres osmoprotecteurs impliqués dans l'acquisition de la tolérance à la dessiccation des graines orthodoxes). De plus, cette thèse démontre que ABI5 joue un rôle crucial dans l'accumulation de protéines protectrices de type LEA, protéines impliquées dans l'acquisition de la tolérance à la dessiccation des graines orthodoxes.

Le mémoire de thèse, qui comporte 129 pages de texte, 71 figures et 19 tableaux, est de lecture agréable et est fort bien illustré.

L'Introduction (chapitre 1) correspond à une analyse bibliographique bien documentée. Elle permet d'introduire les concepts généraux sur :

- les plantes légumineuses dont *Medicago truncatula*, plante modèle étudiée au cours du travail de thèse, et le pois, cible agronomique des travaux de thèse ;
 - le développement et la germination des graines des dicotylédones, dont la régulation des dormances, l'acquisition de la tolérance à la dessiccation et la longévité ;
 - la régulation transcriptionnelle de la maturation des graines ;
 - les mécanismes de survie à l'état sec des graines (e.g., rôle des oligosaccharides de la famille du raffinose (RFOs), des protéines LEA, des protéines chaperonnes de type HSP (Heat Shock Proteins)) ;
 - les mécanismes de détoxification des espèces réactives de l'oxygène (ROS), et de protection contre les dommages cellulaires et de leur réparation ;
 - le rôle de la photosynthèse des graines lors de la maturation ;
- ainsi que les objectifs généraux de la thèse.

Le chapitre Résultats comprend trois parties principales. La première (chapitre 2) porte sur la caractérisation du rôle majeur joué par ABI5 dans la régulation de la maturation et de la longévité des graines chez les légumineuses. Au cours de ce travail, Julia Zinsmeister a caractérisé les graines d'un mutant d'insertion du transposon *Tnt1*, nommé *Tnt1 Mt-abi5*, dans le gène codant MtABI5 et montré que les mécanismes d'acquisition de la longévité et de la dormance des graines étaient fortement dérégulés chez ce mutant. En conduisant une étude transcriptomique des graines de ce mutant au cours du développement, elle a identifié un réseau de co-expression plaçant MtABI5 comme un régulateur de différents modules de gènes liés au métabolisme des RFOs, des protéines LEA et des gènes associés à la photosynthèse (*PHANGs*). Ses résultats permettent de montrer que la plus faible accumulation en RFOs est liée à la régulation d'une protéine nommée SEED IMBIBITION PROTEIN1 (MtSIP1). Par ailleurs, ses résultats identifient l'absence d'inhibition des gènes *PHANGs* en fin de développement de la graine avec une accumulation différentielle en chlorophylle et caroténoïdes, faisant des graines matures des mutants *Tnt1 Mt-abi5* des "graines vertes". Ces phénotypes sont associés à une réponse de stress, avec une accumulation plus importante d'alpha tocophérol (antioxydant) et une surreprésentation des gènes liés au programme de mort cellulaire. L'auteure a également conduit une caractérisation des mutants *Tnt1 abi5* chez une seconde légumineuse, le pois, et chez *Arabidopsis thaliana* (une crucifère) dont les résultats confortent le rôle d'ABI5 dans la régulation de la longévité, de la perte de la chlorophylle et de l'accumulation des RFOs dans la maturation de la graine des légumineuses.

La seconde partie des Résultats (chapitre 3) porte sur la caractérisation du facteur de transcription MtABI4-like en tant que régulateur de la perte de chlorophylle et de longévité des graines de *Medicago truncatula* au cours de la maturation. L'objectif était de tester si MtABL (orthologue d'ABI4 chez *Arabidopsis thaliana*) régule la longévité des graines en lien avec le démantèlement des chloroplastes pendant la maturation. Pour cela, Julia Zinsmeister a caractérisé les graines de mutants d'insertion *Tnt1 Mt-abl* chez *Medicago truncatula*. En lien avec la perte de la longévité, elle a observé que les graines des mutants *Tnt1 Mt-abl* sont tolérantes à la dessiccation (plaçant l'étape d'acquisition de la longévité après celle de tolérance à la dessiccation lors du développement) et vertes à la maturité. Afin d'identifier la part des facteurs de transcription ABL et ABI5 dans la régulation des événements de la maturation de la graine en lien avec l'acquisition de la longévité, elle a ensuite caractérisé les graines des double mutants *Mt-abi5/Mt-abl*. Cette étude a permis de démontrer que l'inhibition de l'expression des gènes *PHANGs* était spécifiquement régulée par MtABL et MtABI5, alors que la perte de la chlorophylle apparaît spécifique de MtABL et que MtABI5 régule plus spécifiquement l'activation des gènes codant certaines protéines LEA.

Dans la troisième partie des Résultats (chapitre 4), Julia Zinsmeister effectue une caractérisation fonctionnelle du facteur MtHSFA2.2 dans la qualité germinative de la graine de *Medicago truncatula*. Les protéines HSP sont des protéines de stress. Très abondantes dans les graines, elles sont régulées par des facteurs de transcription de type HSF (Heat Shock Factor). Chez le tournesol, *HaHSFA9* est exprimé exclusivement au cours de la maturation de la graine, en l'absence de stress. Sa surexpression chez les

graines de tabac conduit à une meilleure résistance à une épreuve de détérioration contrôlée. Ces données ont amené l'auteure à chercher à identifier l'orthologue de *HSFA9* chez *Medicago truncatula* et à évaluer son rôle dans la longévité des graines de cette espèce. Pour cela, elle a criblé et caractérisé les graines de mutants d'insertion du transposon Tnt1 inactivant les gènes codant des protéines HSP s'exprimant dans les graines chez *Medicago truncatula*. Pour identifier des cibles potentielles de ce facteur de transcription, elle a également réalisé une analyse transcriptomique à partir de racines de plants de *Medicago truncatula* sur-exprimant de manière ectopique le facteur MtHSFA9. Les résultats permettent de démontrer que *MtHSFA2.2* est le plus proche orthologue de *HaHSFA9*. Conjointement, les données qu'elle a obtenues permettent d'identifier MtHSFA2.2 comme un régulateur de la dormance des graines, en lien putatif avec la régulation des gènes impliqués dans le métabolisme des deux principales phytohormones régulant la dormance des graines, c'est-à-dire l'acide abscissique (ABA) et les gibbérellines (GAs).

Les Matériels et Méthodes (chapitre 6) sont très complets et permettent au lecteur de suivre aisément les différentes expériences de génétique, biologie moléculaire et physiologie conduites lors de ce travail de thèse. La liste bibliographique est très copieuse, récente et exhaustive (environ 330 références).

En conclusion, le travail effectué par Julia Zinsmeister représente une contribution extrêmement originale et de très grande qualité. Il illustre que l'approfondissement des connaissances sur les mécanismes de régulation de l'expression de gènes (ici médiés par des facteurs de transcription) s'exprimant spécifiquement chez les graines peut conduire à des avancées scientifiques majeures au plan fondamental, qui seront source d'applications nouvelles en sélection végétale. La démonstration que les facteurs de transcription étudiés jouent un rôle prépondérant dans la dormance et la longévité des graines de *Medicago* mais aussi chez le pois ouvre de nouvelles perspectives originales quant à l'amélioration des graines d'un très grand nombre de plantes légumineuses d'intérêt économique et nutritionnel majeur (e.g., soja, ...). La thèse est valorisée de manière remarquable, avec une publication (dont est tirée la photo de couverture du volume publiant cet article) dans la prestigieuse revue *The Plant Cell*, une publication dans *Frontiers in Plant Science* et une publication en cours de rédaction (chapitre 4). Julia Zinsmeister a été lauréate, en 2015, d'une bourse de recherche Jean et Marie-Louise Dufrenoy délivrée par l'Académie d'agriculture lui permettant de présenter ses résultats dans un colloque international.

Publications associées à la thèse

- (1) ZINSMEISTER J., LALANNE D., TERRASSON E., CHATELAIN E., VANDECASTEELE C., VU B.L., DUBOIS-LAURENT C., GEOFFRIAU E., SIGNOR C.L., DALMAIS M., GUTBROD K., DÖRMANN P., GALLARDO K., BENDAHMANE A., BUITINK J., LEPRINCE O., 2016. - ABI5 is a regulator of seed maturation and longevity in legumes. *PlantCell* **28**(11), 2735-2754.
- (2) TERRASSON E., BUITINK J., RIGHETTI K., VU B.L., PELLETIER S., ZINSMEISTER J., LALANNE D., LEPRINCE O., 2013. - An emerging picture of the seed desiccation confirmed regulators and new comers identified using transcriptome comparison. *Frontiers in Plant Science* **4**, 497.

UNE ANALYSE DE LA FINANCIARISATION DE L'AGRICULTURE EN AFRIQUE DU SUD PAR LES « FILIÈRES AGRO-FINANCIÈRES » DU *PRIVATE EQUITY*¹

par Antoine DU CASTEL

Gérard Chouquer². – Depuis la crise des années 2007-2008 qui a vu un rééquilibrage des types d'investissement, dont l'agriculture a bénéficié, on a tendance à penser la financiarisation de l'agriculture en termes colonisation de l'un (l'agriculture) par l'autre (la finance), et dans une forte opposition et une forte exclusion entre global et local, ce qui a pour effet de masquer les acteurs intermédiaires et les dispositifs qui relient l'un et l'autre. La thèse d'Antoine du Castel se situe dans cette problématique en posant l'attendu qu'une analyse située au niveau mésoscopique devrait être de nature à lutter contre ces réductions, et qu'une perspective historique devrait permettre d'éviter d'attribuer un effet de seuil excessif au phénomène. Son travail s'organise autour de la question de recherche suivante : comment les filières agro-financières du *private equity* en Afrique du sud impactent l'organisation économique, sociale et politique de l'agriculture ? Selon une approche inductive, le travail part de l'observation de fonds et de firmes d'investissement en Afrique du Sud engagés dans l'agriculture pour arriver progressivement à l'objet d'étude : les filières agro-financières du *private equity*. Sur un total de 48 fonds identifiés, 18 ont été retenus pour constituer les études de cas. Deux stages de plusieurs semaines dans deux entreprises ont permis au chercheur de comprendre le fonctionnement des fonds de *private equity*.

Le terrain choisi est l'Afrique du Sud. Jusqu'en 1994, une institution financière publique, la *Land Bank*, créée en 1912, jouait un rôle pivot dans les politiques de soutien aux agriculteurs commerciaux "blancs", grâce aux subventions, exemptions fiscales et levées de fond garanties par l'État dont elle bénéficiait. La chute du régime en 1994 a remis en cause ce modèle d'intermédiation dont la banque était l'instrument, favorisant de nouveaux modèles dits de *private equity*, et introduisant une rupture par rapport aux échanges historiques entre agriculture et finance dans ce pays.

Sur le plan épistémologique, la thèse est correctement étayée. Un panorama argumenté des principales théories est dressé, et le choix d'un niveau mésoscopique d'analyse est longuement justifié, notamment par le recours aux travaux d'André Orléan sur les différentes logiques de rentabilité, ceux de Pierre Muller sur la sectorisation de l'agriculture qui occupent une place centrale dans le dispositif intellectuel du chercheur, ceux de James Williams sur « *agospace* », espace entre finance et agriculture, etc. En arrière-plan, la théorie sociologique de l'acteur-réseau est mobilisée, pour associer des éléments hétérogènes dans un unique réseau et pour étudier la coévolution entre l'ordre économique et l'ordre social.

La notion d'intermédiation est sollicitée. C'est d'abord une réalité économique, à savoir tous les procédés qui favorisent la circulation entre la finance et l'économie productive. Mais, par extension, Antoine du Castel en fait un opérateur pour analyser le phénomène de financiarisation de l'agriculture, ceci afin d'échapper à des phénomènes d'exclusion et de d'opposition entre le capital financier et la production.

Le chapitre I pose les fondements socio-historiques de l'analyse, du rôle central de la *Land Bank* à l'introduction du dispositif de *private equity*. Ce chapitre est dominé par le récit de l'établissement, de l'évolution et finalement de la crise de l'organisation sectorielle de l'agriculture sud-africaine et de ses mécanismes de mobilisation des capitaux. Avec la révolution actionnariale qui s'est produite aux États-Unis dans les années 1980, puis la fin de l'apartheid et la chute du régime en 1994, les formes de l'intermédiation changent et rendent possibles de nouveaux dispositifs pour l'investissement, dont le « fonds de capital-investissement » (*private equity fund*)

Les chapitres II, III et IV étudient la genèse et le fonctionnement des filières agro-financières du *private equity* en Afrique du sud.

¹ Thèse soutenue à Sceaux le 28 juin 2016 (CIRAD, Universités de Pretoria et Paris-Saclay).

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

Dans le chapitre II, l'auteur analyse les trois groupes d'acteurs qui composent les filières. Chaque groupe appartient à un champ particulier, où les acteurs occupent des positions inégales selon la structure de leurs capitaux.

- les sociétés de gestion de *private equity* au nombre de 18 (tableau détaillé aux pages 90-91) qui sont de petites entreprises ;
- les investisseurs institutionnels, engagés sur les marchés de capitaux mondiaux, au sein desquels le type le plus représenté est l'institution financière de développement (tableau p. 110-111). Les personnels sont surtout des professionnels qui ont une expertise et une formation dans la gestion des fonds et non pas une formation dans le secteur agricole ;
- les dirigeants d'entreprises sont les dirigeants des entreprises-cibles. Celles-ci sont au nombre de 75 (dont 41 en Afrique du Sud), celles dans lesquelles investissent les 18 fonds de *private equity* recensés. On distingue les entrepreneurs de la ruralité, d'une part, et les managers, comme agents des actionnaires et intervenant dans des entreprises dans lesquelles il y a séparation entre propriété et gestion, d'autre part.

Les PME étudiées ont toutes des difficultés pour accéder aux marchés des capitaux, même si leur trajectoire de développement et leurs sources de capitaux sont multiples. Dans la plupart des économies africaines, le financement des petites et moyennes entreprises est problématique du fait notamment des carences du système bancaire.

Le chapitre III porte sur la construction des filières.

Au vu des acteurs qui composent les filières on doit relever plusieurs points qui singularisent le *private equity* des autres dispositifs d'intermédiation financière. Premièrement, les acteurs se caractérisent par une forte distance physique les uns envers les autres, entre la ville et la campagne d'une part, entre l'Afrique du sud et les investisseurs institutionnels des pays du Nord d'autre part. Les filières du *private equity* se caractérisent donc par un gouvernement à distance qui mobilise toute une infrastructure technique. Deuxièmement, les filières du *private equity* reposent sur la mise en relation de deux groupes distincts d'actionnaires, les investisseurs institutionnels et les dirigeants d'entreprises, grâce à la médiation d'entrepreneurs financiers ; c'est la construction de ces coalitions d'actionnaires que l'auteur place au cœur de ce chapitre.

Un tableau (p. 144) résume les modalités d'appariement entre l'offre et la demande de capitaux par le *private equity*. Ce qu'il faut comprendre c'est que les investissements ne sont pas des biens existants ou préalables qu'on solliciterait selon les besoins, mais « des agencements hétérogènes formant des biens futurs et incertains » (Doganova 2015). Car pour attirer les investisseurs, il faut concevoir des produits susceptibles de les intéresser.

Juridiquement, les fonds de capital-investissement utilisent la société en commandite, forme qui échappe à la réglementation générale sur les sociétés du *Companies Act* de 2008. Les fonds sont enregistrés soit en Afrique du Sud, soit à l'Île Maurice, deux autres au Luxembourg. Les raisons sont juridiques (formes de sociétés) et fiscales (plafonnement des taxes). Les fonds utilisent aussi la formule d'enregistrements dans plusieurs pays à la fois.

Dans le même esprit, un autre aspect est la recherche d'entreprises agricoles valorisables sur les marchés financiers, afin de les intégrer dans l'offre d'investissement. Les coopératives, qui jusqu'ici n'avaient pas d'objectif de profit mais se situaient dans la fourniture de produits à bas prix pour leurs membres, sont sollicitées afin de valoriser leurs potentiels.

Pour profiler leur politique d'investissement et convaincre les investisseurs, les fonds de *private equity* utilisent trois types d'indicateurs transversaux : le "*pipe-line*", les biographies des partenaires et le taux de rentabilité prévisionnel.

En conclusion, l'assemblage des filières agro-financières du *private equity* repose sur l'enchâssement de deux transactions marchandes. En amont, les investisseurs s'engagent aux cotés des gestionnaires dans le cadre d'une politique d'investissement au sein d'un fonds commun de placement. En aval, les gestionnaires investissent les capitaux du fonds dans des entreprises agricoles et agro-alimentaires en partenariat avec leur dirigeant. En d'autres termes, les gestionnaires construisent des « coalitions de cause » regroupant des acteurs dispersés autour d'une politique d'investissement, c'est à dire une grille de lecture du monde et un programme d'actions.

La mobilisation du dispositif d'intermédiation marchand de *private equity* induit un modèle d'appariement spécifique entre les acteurs tout au long des filières agro-financières. Le dispositif d'intermédiation

marchand du *private equity* met en relation les acteurs et stabilise leur échange. Toutefois, la stabilisation des filières est un processus jamais achevé et toujours menacé par la résurgence de l'incertitude.

Le chapitre IV aborde la question de la régulation des filières et de la façon de régler les crises au sein des filières. L'auteur étudie d'abord les mécanismes de contrôle en vigueur au sein des filières du *private equity*, qui forment une architecture complexe, puis il analyse les « crises » auxquelles font face les acteurs des filières, c'est-à-dire la rupture brutale de leurs transactions routinières et quotidiennes qui remet en cause le fonctionnement mais aussi parfois l'existence même des filières agro-financières du *private equity*. Ces « épreuves » mettent alors en lumière les ressorts de leur mode de gouvernement et de leur légitimité.

Avec ce chapitre, on va se trouver au cœur des asymétries qui peuvent caractériser les filières de financement et que la simple coordination ne suffit pas à régler. Le tableau de la page 199 donne les éléments du contrôle et de l'autocontrôle des filières. Parmi les thèmes du chapitre : le contrôle à distance ; la bureaucratisation qu'il entraîne ; la « main visible du gestionnaire » ; etc.

Les crises sont de deux types : la remise en cause unilatérale du partenariat et de la politique d'investissement par l'un des acteurs des filières agro-financières ; et une mobilisation d'acteurs extérieurs à l'encontre d'un ou des acteurs des filières.

Les chapitres V et VI s'intéressent aux effets de transmission des filières du *private equity*.

Le chapitre V décrit le processus de création de valeur entrepris par les gestionnaires à partir des entreprises-cibles et les transformations induites sur l'architecture entrepreneuriale, dans le sens d'une rationalisation financière des entreprises en vue de leur revente. Quels sont les processus de valorisation du capital ? Et à quel niveau précis ce processus se produit-il ? Tout se passe au niveau des entreprises-cibles, de leur évaluation, de leur croissance et de leur rationalisation. L'étude de la rationalisation du travail au sein des entreprises concernées montre comment l'actionnaire introduit une nouvelle discipline, un nouvel état d'esprit, parce que « les business familiaux finissent par se détruire eux-mêmes » (extrait d'un entretien, p. 284). La rationalisation porte aussi sur les ressources financières, c'est-à-dire « l'optimisation des flux de trésorerie ».

L'analyse de l'auteur conduit donc à considérer que les outils ou dispositifs de gestion peuvent être entendus comme étant des « technologies sociales à vocation politique » (expression de Maugeri 2008). Antoine du Castel étudie par exemple les techniques de groupage - *bundle* - ou au contraire de dégroupage - *unbundle* - des actifs et des activités, pour augmenter la valeur des entreprises. L'entreprise *Agri-life FM*, citée en exemple, a séparé les activités de production et les titres de propriété détenus par l'entreprise : un fonds immobilier a ainsi été créé de toutes pièces, en parallèle de l'entreprise, afin de valoriser séparément le foncier agricole d'une part et les activités de production agricole d'autre part.

Enfin, le chapitre VI analyse les transformations induites par les filières du *private equity* sur le secteur agricole sud-africain. Globalement, il s'agit de comprendre la mutation que représente le passage d'une organisation sectorisée à une organisation par classe d'actifs. Il s'agit donc d'étudier la déssectorisation de l'agriculture sud-africaine.

Mais la déclinaison sectorielle de la financiarisation ne conduit-elle pas vers une nouvelle architecture sectorielle de l'agriculture sud-africaine ? Une architecture reposant sur l'agriculture de firme, selon la définition donnée par B. Hervieu et F. Purseigle, et non sur l'agriculture de subsistance ou l'agriculture familiale, ni même sur le modèle de l'agriculture commerciale, sinon par le biais de formes d'agriculture contractuelle ?

Les agriculteurs, eux, oscillent entre intégration aux filières ou défense du modèle de l'exploitation commerciale. Il y a donc résistance et collaboration. Il est intéressant, de ce point de vue, d'étudier le cas de ces agriculteurs qui sont devenus managers, car leur temps de travail bureaucratique a augmenté, alors que c'est un point le plus souvent rejeté par les agriculteurs, qui revendiquent aussi leur indépendance statutaire (p. 303).

Le phénomène de « financiarisation à l'envers » est celui qui s'observe lorsque des institutions agricoles et agro-alimentaires tendent vers le modèle financier, sans que les acteurs de l'agriculture de firme en soient à l'origine (p. 310).

Enfin, le *private equity*, lorsqu'il est mobilisé par l'État, permet de « renouveler le répertoire de l'action publique ». Il y a changement d'échelle, sortie des “arènes locales”, dépolitisation par le changement des modes d'évaluation.

L'auteur observe que les gestionnaires des fonds de *private equity* « ont cherché prioritairement à démanteler l'héritage historique cristallisé dans les institutions sectorielles. Dans le cadre des ex-coopératives de producteurs par exemple, la stratégie des gestionnaires porte sur la suppression des mécanismes de contrôle des producteurs en vue de valoriser ces entreprises “à leur juste valeur”. Autrement dit les arbitrages financiers dépendent des possibilités locales de “désencastrement”. Par conséquent, la pérennité et le renouvellement des filières de *private equity* dépend de la capacité des gestionnaires à approfondir sans cesse le désencastrement » (p. 338).

Une bibliographie d'environ 250 titres est complétée par une abondante série de rapports de littérature grise. Plusieurs annexes complètent le texte.

La lecture de cette thèse permet de dégager les points suivants :

- extrême clarté du propos ;
- capacité à conduire l'analyse tout au long du développement de la thèse, sans relâchement, en ne quittant jamais le plan de l'analyse scientifique ;
- bagage épistémologique suffisant et très bien employé ;
- nouveauté du sujet et intérêt de cette importante contribution pour comprendre l'agriculture de firme.

VISITE DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

AU 77^{ème} SIMA

par Claude **SULTANA**, avec le concours de René **AUTELLETT** (section IX)

Comme lors des éditions précédentes du SIMA, un groupe de membres de l'Académie d'agriculture de France (AAF) était accueilli par Madame Martine DÉGREMONT, Directrice du salon, le jeudi 2 mars 2017. La visite avait été préparée par notre confrère René AUTELLETT, conseiller technologique du SIMA avec le concours de notre consœur Laurice PECHBERTY.

Madame DÉGREMONT note que le nombre d'exposants est en légère augmentation comme leur origine (1770 exposants venus de 42 pays). La fréquentation attendue est en légère baisse, autour de 230000 visiteurs, avec une participation étrangère de 23 %, ce qui peut être considéré comme un bon résultat après une année désastreuse pour l'agriculture française.

Les médias ont bien relayé les informations du salon, notamment le rôle de carrefour international, avec, entre autres, deux événements nouveaux : le « SIMA Dealer's Day-ting » et ses rendez-vous entre exposants et concessionnaires du monde entier, et le « SIMA African Summit », qui a permis la rencontre des professionnels du monde agricole, exposants, institutionnels et des opérateurs privés africains. Le succès rencontré est de bon augure pour une reconduite au prochain SIMA.

De nombreuses conférences sur les sujets d'actualité se sont tenues tout au long du salon et même dès la veille de l'ouverture.

Madame DEGREMONT signale que cette année les innovations ciblaient trois domaines : la préservation des sols, le numérique en agriculture et l'efficacité sous toutes ses formes. Vingt-cinq distinctions ont été attribuées dont deux médailles d'or et cinq d'argent.

Le groupe remercie Madame DEGREMONT pour son accueil et les facilités qu'elle procure dans l'organisation de cette visite.

René AUTELLETT revient sur les deux médailles d'or. Pour la première fois, elles ont été attribuées à des manufacturiers de pneumatiques, Michelin et Trelleborg, qui ont choisi deux solutions différentes pour un même objectif de réduction du tassement du sol. Il reviendra plus en détail au cours de la visite qu'il a organisée selon un itinéraire qui privilégie les nouvelles implantations dans le Hall 7, en limitant les déplacements dans un salon de plus en plus étendu. Comme la fois précédente, Frédéric VIGIER de l'IRSTEA et Gilbert GRENIER, professeur à l'AgroSup Bordeaux, également commissaires technologiques du SIMA interviendront ponctuellement.

En chemin vers la galerie de l'innovation, la visite commence par l'espace de présentation des travaux de l'IRSTEA - CCMSA : un simulateur de conduite du tracteur que les visiteurs peuvent tester. Cet outil, conçu pour former les chauffeurs, est bien plus complexe qu'un simulateur de conduite automobile, il est prêt pour le développement. Sur le même espace, le CEA affiche ses réalisations en « cobotique » : un exosquelette allège le poids de la charge portée par celui qui en est équipé.

Dans la galerie, à côté des présentoirs des machines et technologies distinguées par le jury, on trouve une vision prospective de l'agriculture à 10 ans, imaginée par différents laboratoires et structures professionnelles. En faisant le tour de la galerie, nos trois mentors passent en revue les innovations primées assez précisément car, par la suite nous n'en verrons que quelques-unes qui seront alors commentées plus en détail par leur constructeur. Cela permet d'expliquer la différence entre le pneu Michelin « Evobib » et le « VIP system » de Trelleborg. L'Evobib est conçu dans sa structure et son profil pour avoir un bon comportement sur la route et au champ ; après avoir réduit la pression, il est possible d'augmenter de 40 % la

surface en contact du sol ce qui est profitable à l'adhérence et à un moindre tassement. Le VIP system ajuste la pression de gonflage à la charge pour optimiser la pression au sol, donc limiter au mieux le tassement.

La pulvérisation a aussi été distinguée avec 3 citations : Horsch ajuste automatiquement le couple buse/hauteur de rampe en changeant la hauteur quand on change l'intervalle entre buse, passant de 50 à 25 cm. Cela permet de travailler avec des jets de 80° qui génèrent moins de fines gouttes ; chez Amazone qui règle la hauteur de rampe en fonction des caractéristiques des buses choisies. Là encore l'opérateur a le choix de l'intervalle entre buses pour limiter la dérive ; John Deere présente un porte-buse dit « intelligent » qui à pression constante ajuste le débit par des microcoupures.

John Deere poursuit sa recherche de l'utilisation de l'énergie électrique. Après le système « Battery Boost » primé en 2015, qui apportait un appoint électrique pour l'entraînement des mouvements, voire la traction, cette année c'est la motorisation qui est électrique et de forte puissance (150 kW pour la traction). Le tracteur SESAM (*Sustainable Energy Supply for Agricultural Machines*) conserve une transmission mécanique ; toutes les fonctions de services sont également électriques, desservies par un second moteur de même puissance que celui dédié à la traction (citation). L'autonomie, pour l'instant de 4 heures, devrait être portée à 8 heures.

Claas cette année bénéficie de deux citations ; l'une pour un éclateur à maïs pour ensilage déchiqueté (« Shredlage ») qui dilacère l'épi et la tige pour donner un ensilage plus fibreux, profitable aux ruminants, l'autre appelée « Turn in » concerne la reprise du travail en ligne d'un appareil remorqué. C'est en fait une déclinaison des systèmes de demi-tours automatisés encore optionnels, installée en standard, avec la particularité de prendre en compte la manœuvre amorcée par l'opérateur pour lui proposer la trajectoire adaptée.

Appareil plus modeste, la débroussailleuse E-Kastor de Rousseau reçoit une médaille d'argent pour son « écoconception ». En effet, l'entraînement électrique du rotor affranchit la machine du nécessaire recours à l'hydraulique « huile », et le bras porteur peut alors être actionné par un fluide hydraulique non polluant (eau + glycol).

Le 1^{er} stand de marque visité est celui de Massey-Ferguson (MF). Le Directeur commercial, Jean-Michel JONETTE, nous présente le Massey-Ferguson « Dynamic Top-link control » (DTLC) qui ajuste automatiquement la longueur du 3^{ème} point de manière à conserver la position de l'outil par rapport au sol, indépendamment des mouvements du tracteur (citation). Il nous présente aussi une tablette commercialisée par MF pour gérer les paramètres de marche à distance. Il évoque également le contexte commercial : il est prévu chez MF un recul des ventes de 4,5 à 5 %, ce qui est moins que l'année précédente (- 8%), mais le secteur viticulture et arboriculture fruitière se porte bien avec une progression prévue de 15 % cette année. A une question sur la location de matériel, il est répondu que MF y pense. Devant tant de gros matériels, la nature de la clientèle est évoquée. Les CUMA et ETP représentent chacune 10 % de la clientèle. La robotisation est à l'ordre du jour. A quand son développement ? Pour MF qui y travaille, il faut attendre encore 5 ans.

Sur le stand Dangreville, l'épandeur intelligent (citation), outre la gestion des paramètres parcellaires et du chargement, ajuste automatiquement la pression des pneus en fonction de la charge et de la vitesse de manière à réduire le tassement au fur et à mesure que la charge diminue. Après l'année des sols, les constructeurs ont été très sensibilisés au problème du tassement et, avec les moyens de réglage en continu qui existent aujourd'hui, l'idée est d'ajuster la pression du pneu en fonction de la charge et selon les caractéristiques du pneu de sorte à profiter toujours de la plus grande surface portante possible.

Fendt étant partenaire du projet Trelleborg (médaille d'Or), un arrêt sur le stand montre de près l'installation du VIP system sur une moissonneuse batteuse. Une présentation de ce système sera effectuée en détails sur la maquette pédagogique exposée sur le stand voisin Trelleborg. Le compresseur et les autres composants

sont intégrés dans la jante. Cette solution élimine les soucis d'étanchéité du circuit d'air et les problèmes de joints tournants.

Sur son stand, Mr PÉRARD nous montre la presse VMP pour les menues pailles qui a été primée en 2015. Elle s'accroche latéralement ou transversalement à l'arrière de la moissonneuse-batteuse. La balle produite est un boudin de très haute densité (700 kg/m³) dont la cohésion doit être maintenue soit par enrobage dans un film plastique soit en ajoutant un liant en cours de pressage, la solution est encore à l'étude.

JCB présente une boîte qui associe une transmission hydrostatique et une transmission powershift (médaille d'argent). Jusqu'à 19 km/h la transmission hydrostatique apporte les avantages de la transmission hydraulique (progressivité, précision, réponse instantanée) au-delà la boîte powershift apporte un meilleur rendement que l'hydraulique.

Sur le stand Kverneland le groupe est accueilli par Patrick VERHEECKE, nouveau Directeur. Rachetée par Kubota en 2010, la firme est à présent le second fournisseur d'équipements fourragers derrière Kuhn. La stratégie actuelle est de développer davantage de produits pour une meilleure compétitivité. La division Mécatronic, à l'origine de l'Isobus, développe des solutions interopérables pour permettre l'interconnexion de tous les matériels. L'ambiance de ce SIMA est ici perçue très positivement avec un accroissement de 15 % des contacts. Trois citations sont présentées : la charrue Isobus à attelage pivotant, portée au travail et semi-portée en transport ; la presse à balle ronde « auto feed control » (AFC) qui se déporte latéralement pour assurer un remplissage régulier de la chambre, évitant au tracteur d'avoir à zigzaguer sur l'andain ; le système d'enrubannage à table tournante, dont l'accéléromètre, en évitant la chute des balles, assure un fonctionnement à grande vitesse avec deux bobines de film étirable.

Hervé LACAU, Directeur de Kubota, nous montre avec fierté un tracteur de plus de 170 CV. Connue en France au départ pour ses matériels d'entretien d'espaces verts, Kubota est passé en 10 ans de 0 à 7,6 % de part du marché tracteur. La politique est de poursuivre le rachat de sociétés pour pouvoir offrir une gamme complète d'équipements.

Au passage, une étape « photo du groupe » devant les deux médailles d'argent des tracteurs robotisés, récompenses attribuées à Case IH et New Holland. Dans les deux cas, les tracteurs sont de forte puissance, Case IH faisant l'économie d'une cabine pour compenser le coût de l'électronique embarquée, alors que New Holland privilégie la polyvalence du matériel en conservant la cabine pour une utilisation normale.

Le groupe s'arrête ensuite sur le Hubagro, « carrefour d'innovations pour la performance », où dix instituts développent la thématique « produire plus et mieux c'est possible », à la rencontre de l'IRSTEA où Michel BERDUCAT évoque un sujet à l'étude : la qualité d'épandage des engrais organiques. Sur un espace voisin, Arvalis présente « Tameo » (citation), un outil d'aide à la décision alliant les modèles agronomiques et météorologiques.

Tout à côté, le groupe est pris une nouvelle fois en photo devant le robot NAÏO Technologies (*voir la séance du 25 janvier 2017*), présenté sur le stand GROUPAMA. Un contrat d'assurance vient pour la première fois d'être signé au bénéfice d'un robot...

Tout près le village start-up où, à l'initiative des chambres d'agriculture, de jeunes équipes proposent des solutions innovantes pour l'agriculture, en phase avec la ferme digitale, également sur cet espace.

La visite n'aura pas été exhaustive de toutes les innovations primées faute de temps. Elle se termine sur le stand Michelin où nous sommes accueillis par François PINET. Après un échange sur le pneu Evobib, les problèmes d'adhérence et de traction et quelques photos, nous sommes invités à une collation. Il est près de 15 h quand le groupe se sépare après avoir remercié René AUTELLET et ses collègues Frédéric VIGIER et Gilbert GRENIER pour l'organisation de cette journée et leurs commentaires. Il est conseillé à chacun de continuer librement la visite selon ses préférences car il reste tant de stands qui auraient mérité un arrêt du groupe.

Remise des médailles d'encouragement de l'AAF aux 3 classes gagnantes du jeu concours CULTURES-AGRI lancé par le Crédit Mutuel avec le parrainage de l'AAF.

Mardi 28 février 2017 à 17h30, l'Académie d'Agriculture de France a remis les Médailles d'Encouragement aux gagnants du jeu-concours « **Cultures agri** » en présence des membres du Bureau et de ceux qui ont animé ce jeu lancé par le Crédit Mutuel auprès de l'Enseignement agricole avec le patronage de notre Compagnie.

La remise des Médailles et Diplômes a distingué les 3 classes, parmi les 130 inscrites, qui ont fait les vidéos les plus appréciées du jury parmi les 290 déposées cette année.

L'Académie montre ici son intérêt pour l'Enseignement Agricole et encourage ces jeunes filles et jeunes gens, bientôt aux commandes des exploitations agricoles, des coopératives, des entreprises agroalimentaires ou encore chargés du développement technique, économique et scientifique de notre agriculture.

**PROCÈS VERBAL DES OPÉRATIONS DE VOTE
DU 7 DÉCEMBRE 2016**

- Nombre de Membres titulaires et émérites figurant, à la date du 7 décembre 2016, sur le tableau de composition de l'Académie : 207

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| - Quorum nécessaire (art. 21 du R.I.) | 104 |
| - Nombre de votants | 118 |
| - Nombre de suffrages exprimés | 112 à 117 |

Le quorum étant atteint, le dépouillement a pu être effectué

- Le scrutin est ouvert à 13 h.

- Les cinq listes, avec le nombre de voix obtenues par les candidats, sont jointes au présent procès-verbal.

ÉLECTIONS DU BUREAU

<u>Président</u> :	Michel CANDAU	116 voix (élu)
<u>Vice-président</u> :	Bertrand HERVIEU	110 voix (élu)
<u>Vice-trésorier</u> :	Daniel-Éric MARCHAND	116 voix (élu)
<u>Vice-secrétaire</u> :	Constant LECOEUR	116 voix (élu)

ÉLECTIONS DE MEMBRES TITULAIRES

- Section Productions végétales

↪ François DESPREZ	113 voix (élu)
Marc RICHARD-MOLARD	3 voix

- Section Forêts et filière bois

↵ **Xavier DEGLISE** 113 voix (élu)
Andrée CORVOL-DESSERT 3 voix

↵ **Georges-Henri FLORENTIN** 115 voix (élu)
Michel VERNOIS 1 voix

- Section Production animale

↵ **Gérard MAISSE** 113 voix (élu)
Pierre DEL PORTO 3 voix

- Section Sciences humaines et sociales

↵ **François COLSON** 113 voix (élu)
Bernard HUBERT 3 voix

↵ **Bernard CHEVASSUS-AU-LOUIS** 108 voix (élue)
Brigitte LAQUIEZE 6 voix

- Section Interactions milieux-êtres vivants

↵ **Jacques RANGER** 116 voix (élu)
Emmanuel FROSSARD 0 voix

↵ **Ary BRUAND** 113 voix (élu)
Florent MARAUX 3 voix

- Section Environnement et territoires

↵ **Hervé LE TREUT** 111 voix (élu)
Yves BRUNET 5 voix

↵ **Guillaume DHÉRISSARD** 116 voix (élu)
Chantal GASCUEL 0 voix

- Section Alimentation humaine

↵ **Dominique PARENT-MASSIN** 116 voix (élue)
Jacques GUILPART 0 voix

- Section Agrofournitures

↵ **Laurice PECHBERTY** 113 voix (élue)
René AUTELLET 3 voix

↵ Constant LECOEUR	116 voix (élu)
Guy WAKSMAN	0 voix

↵ Bernard AMBOLET	113 voix (élu)
Philippe EVEILLARD	3 voix

ÉLECTIONS DE MEMBRES CORRESPONDANTS

- Section Productions végétales

↵ Michel DRON	117 voix (élu)
---------------	----------------

- Section Forêts et filière bois

↵ Hervé JACTEL	117 voix (élu)
↵ Claude ROY	117 voix (élu)

- Section Production animale

↵ Claude ALLO	117 voix (élu)
---------------	----------------

- Section Sciences humaines et sociales

↵ Marianne CERF	117 voix (élue)
↵ Gérard CHOUQUER	117 voix (élu)
↵ André-Jean GUÉRIN	117 voix (élu)
↵ Jean JOUZEL	115 voix (élu)
↵ Carole HERNANDEZ-ZAKINE	117 voix (élue)

- Section Interactions milieux-êtres vivants

↵ Pierre DELAGE	117 voix (élu)
↵ Robin DUPONNOIS	117 voix (élu)

- Section Environnement et territoires

↵ Catherine AUBERTIN	116 voix (élue)
↵ Françoise BUREL	117 voix (élue)
↵ Guy FRADIN	117 voix (élu)
↵ Nathalie de NOBLET	115 voix (élue)
↵ Alain VIDAL	113 voix (élu)

- Section Alimentation humaine

↵ Pierre MONSAN	117 voix (élu)
↵ Alain MOULINIER	117 voix (élu)
↵ Gilles TRYSTRAM	117 voix (élu)

- Section Agrofournitures

↵ Christian SABER	117 voix (élu)
-------------------	----------------

- Section Économie et politique

↵ Philippe CHALMIN	117 voix (élu)
↵ Monique POULOT	117 voix (élue)
↵ André TORRE	117 voix (élu)

ÉLECTIONS DE MEMBRES ASSOCIÉS ÉTRANGERS

↵ Pere ARUS	113 voix (élu)
↵ Yvan Habib COULIBALY	115 voix (élu)
↵ Lucas MONTANARELLA	115 voix (élu)

ÉLECTIONS DE CORRESPONDANTS ASSOCIÉS ÉTRANGERS
--

- Section Forêts et filière bois

↵ George JERONIMIDIS	112 voix (élu)
----------------------	----------------

- Section Production animale

↵ Victor POUOMOGNE	112 voix (élu)
--------------------	----------------

- Section Sciences humaines et sociales

↵ Papa Abdoulaye SECK	112 voix (élu)
↵ Nicolaas VAN OPSTAL	112 voix (élu)

- Section Interactions milieux-êtres vivants

↵ Hans SCHNYDER	112 voix (élu)
-----------------	----------------

- Section Sciences de la vie

↳ **Michel GEORGES**

112 voix (élu)

- Section Environnement et territoires

↳ **Edward TOPP**

112 voix (élu)

Le scrutin est clos à 14 H 30.

Le Secrétaire perpétuel,

Le Président,

Gérard TENDRON

Paul VIALLE

Le Président du bureau de vote

L'assesseur

Christian MARÉCHAL

Claude SULTANA

Responsables de l'édition :

Christian Ferault : christian.ferault@voila.fr

Jean-Claude Mounolou : mounoloujcm@orange.fr

Secrétariat de rédaction

Christine Ledoux-Danguin
christine.ledoux@academie-agriculture.fr