

# **COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE**

**FROMAGE AU LAIT CRU - L'ALLIANCE SUBTILE DU PATRIMOINE,  
DE LA MICROBIOLOGIE ET DE LA SANTE PUBLIQUE**

**LE GOUVERNEMENT PAR LES STANDARDS : VERS QUEL MODÈLE  
D'AGRICULTURE ?**

**DES SYSTÈMES DE CULTURES UKRAINIENS AUX ENJEUX  
PHYTOSANITAIRES ET ALIMENTAIRES : ACTUALITÉS DU MAÏS**

**SÉANCE LIBRE**

**FREINS ET LEVIERS DE LA DIVERSIFICATION DES SYSTÈMES DE  
CULTURE**

**INSECTES RAVAGEURS EN AGRICULTURE ET MÉTHODES INNOVANTES  
POUR LEUR MAITRISE**

**TRAITEMENTS THERMIQUES ET QUALITÉ DES ALIMENTS**



## SOMMAIRE

### SÉANCES DE MARS, AVRIL 2014

---

- 3 **FROMAGE AU LAIT CRU - L'ALLIANCE SUBTILE DU PATRIMOINE, DE LA MICROBIOLOGIE ET DE LA SANTE PUBLIQUE**  
Séance animée par **Denis Lorient, Guy Linden et Didier Majou** (5 mars 2014)  
Le statut du lait cru au sein des filières aoc fromagères, éclairages historique et socioéconomique, par **Julien Frayssignes**.  
Écosystèmes microbiens des laits crus : un trésor et un challenge pour le fromager, par **Sylvie Lortal**.  
Produits au lait cru et dangers microbiologiques, une maîtrise de la matière première aux produits finis, par **Valérie Michel**.
- 13 **LE GOUVERNEMENT PAR LES STANDARDS : VERS QUEL MODÈLE D'AGRICULTURE ?**  
Séance animée par **Laurent Thévenot et Lauwrence Busch** (12 mars 2014)  
Le pouvoir des standards, par **Lauwrence Busch**.  
La politique du gouvernement par les normes - le palmier à huile en débat et la réponse de la certification mondiale, par **Laurent Thévenot**.  
Les tables rondes multi parties-prenantes pour l'agriculture durable : faire entendre différentes voix, des multinationales aux agriculteurs familiaux ? par **Emmanuelle Cheyns**.
- 19 **DES SYSTÈMES DE CULTURES UKRAINIENS AUX ENJEUX PHYTOSANITAIRES ET ALIMENTAIRES : ACTUALITÉS DU MAÏS**  
Séance animée par **Jean-Jacques Hervé et Catherine Regnault-Roger** (19 mars 2014)  
Évolutions récentes des structures d'exploitation et des systèmes de culture en Ukraine ; place et perspective pour le maïs, par **Jean-Jacques Hervé**.  
Le maïs dans les enjeux alimentaires mondiaux, par **Sylvie Brunel**.  
Le maïs au cœur des enjeux de la protection phytosanitaire, par **Catherine Regnault-Roger et Marc Délos**.
- 35 **SÉANCE LIBRE** (26 mars 2014)  
L'agriculture familiale au sud du Brésil : contexte, développement et perspectives, par **Danilo Rheinheimer dos Santos**.  
Incertitudes sur le climat, par **Katia Laval**.  
PAC et Droit de la concurrence, par le Sénateur **Jean Bizet**.
- 39 **FREINS ET LEVIERS DE LA DIVERSIFICATION DES SYSTÈMES DE CULTURE**  
Séance animée par **Jean-Marc Meynard et Antoine Messéan** (2 avril 2014)  
La diversification pour l'alimentation du bétail, par **Marie-Benoît Magrini**.  
La diversification à l'échelle de l'exploitation agricole, par **Quentin Delachapelle**.  
Leleviers pour la diversification des cultures : synthèse de l'étude réalisée par l'INRA pour les ministères en charge de l'Agriculture et de l'écologie, par **Jean-Marc Meynard**.

- 43 **INSECTES RAVAGEURS EN AGRICULTURE ET MÉTHODES INNOVANTES POUR LEUR MAITRISE**  
Séance animée par **Jean-Louis Bernard** et **Charles Descoins** (9 avril 2014)  
Innovations, méthodes alternatives et complémentaires : quelles pistes dans un avenir proche pour protéger les cultures des ravageurs, par **Jean-Louis Bernard**.  
Les ravageurs d'introduction récente ou re-émergents et les moyens mis en œuvre pour leur contrôle, par **Marc Délos**.  
Le contrôle autocide des insectes ravageurs de grande dimension. Une méthode efficace et durable en développement rapide, par **Bernard J. Blum**.
- 49 **TRAITEMENTS THERMIQUES ET QUALITÉ DES ALIMENTS**  
Séance animée par **Didier Majou** (30 avril 2014)  
Réchauffage domestique au four ou par contact d'aliments frits, par **Bertrand Broyart**.  
La cuisson et la qualité nutritionnelle des viandes, par **Alain Kondjoyan**.  
Maîtrise de la formation de molécules néoformées issues de la réaction de Maillard, par **Inès Birlouez**.
- 55 **Analyse d'ouvrage**
- 57 **Vie de l'Académie**  
Visite de la Ferme de La Tremblaye à la Boissière-École, par **Claude Sultana**.

---

## FROMAGES AU LAIT CRU

### L'alliance subtile du patrimoine, de la microbiologie et de la santé publique

#### INTRODUCTION

par Denis **Lorient**<sup>1</sup>

Jusqu'à la fin du 19<sup>e</sup> siècle, la totalité des fromages était fabriquée à partir de lait cru de vache, de chèvre ou de brebis. Depuis la pratique de l'épuration du lait par pasteurisation ou, plus récemment, par microfiltration, 15 % seulement de l'immense variété des fromages français est issu de lait cru.

Ils représentent la majeure partie des fromages de terroir labellisés AOC/AOP ; leur réputation est due à leur exceptionnelle qualité gastronomique et à leur typicité. Ils appartiennent à toutes les catégories de fromage qu'ils soient issus de lait de vache, brebis ou chèvre : pâte molle, pâte persillée, pâte pressée. Ils représentent un enjeu économique important.

Le fromage au lait cru se définit comme ayant été fabriqué avec un lait n'ayant pas subi un chauffage supérieur à 40 °C avant la coagulation du lait ; ce chauffage n'enlève pas la spécificité et la richesse organoleptique de la flore microbienne naturelle.

En réalité , le lait possède d'abord une **flore utile** (encore appelée par Guy Linden, la flore artistique du goût) qui participe à l'élaboration de l'arôme au cours de l'affinage. Celle-ci comporte la flore naturelle issue de contaminations spécifiques de l'ambiance de l'étable d'une part et d'autre part d'une flore apportée positive telles que moisissures ou levures.

Mais la flore microbienne du lait peut comporter aussi des microorganismes **pathogènes** issus de contaminations lors de la traite ou au cours de la conservation du lait.

Le fromage au lait cru devient ainsi un terrain de compétitions entre microorganismes, orientées selon les métabolismes respectifs des Micro-organismes (MO) et selon les conditions de milieu : température, pH, salinité , activité de l'eau etc.

À titre d'exemple, voici grossièrement comment on peut schématiser cette compétition :

- L'acidification par les bactéries lactiques nuit au développement de tous les autres MO
- La flore utile autre que lactique, fait relever le pH au cours de l'affinage grâce aux réactions de protéolyse et de lipolyse ; c'est à ce niveau qu'on peut orienter le développement spécifique de certains MO en agissant sur le saumurage ou l'Aw.

Le fromager est alors confronté à un vrai dilemme : « Favoriser la flore productrice d'arômes spécifiques de chaque fromage tout en s'assurant de l'absence de germes pathogènes... en jouant sur la lutte pour la vie des MO ».

---

<sup>1</sup> Membre de l'Académie d'Agriculture. Professeur d'Université honoraire.  
C.R.Acad. Agric. Fr., 2014, 100, n°2. Séance du 5 mars.

Mais pourtant, n'y a-t-il pas d'autres moyens pour éliminer les germes pathogènes ?

- Thermisation spécifique : à exclure car provoquant l'élimination de la flore naturelle
- Mesures d'hygiène draconiennes (Usine ultra propre) mais appauvrissement en MO utiles (lait paucimicrobiens)
- Microfiltration ?

Pour répondre à toutes ces questions :

- Julien **Frayssignes**, chercheur à l'Institut Méditerranéen va nous dresser un panorama du statut actuel du fromage au lait cru
- Sylvie **Lortal**, Chercheur à l'INRA de Rennes nous parlera des écosystèmes microbiens du lait cru et leur rôle sur la qualité des produits fromagers
- Valérie **Michel**, Chercheur à ACTALIA, Institut Agro-Industriel de La Roche sur Foron évoquera la maîtrise sanitaire du lait cru jusqu'aux produits finis

Enfin Patrick **Ramet**, Président d'ACTALIA, après un débat que l'on souhaite animé, nous apportera l'éclairage du praticien et du responsable d'organismes professionnels laitiers

## LE STATUT DU LAIT CRU AU SEIN DES FILIÈRES AOC FROMAGÈRES, ÉCLAIRAGES HISTORIQUE ET SOCIOÉCONOMIQUE

par Julien Frayssignes<sup>1</sup>

### Introduction

Plusieurs critères permettent de caractériser la grande diversité des 51 produits laitiers AOC/AOP français : l'ancienneté et la taille des filières (volumes produits, nombre de producteurs) ou encore les types d'acteurs engagés (producteurs de lait, producteurs fermiers, affineurs, artisans, industriels coopératifs ou privés). Les aspects techniques constituent également des facteurs de diversité à part entière, tels que le type de matière première (lait de vache, de brebis ou de chèvre) et le type de produit (pâtes molles, pâtes pressées cuites ou non cuites, pâtes persillées).

Dans ce contexte, et bien que représentant plus de 70% des tonnages AOC/AOP fabriqués en 2011 (source INAO / CNAOL), le lait cru symbolise également la richesse des filières d'appellation. Fréquemment envisagé sous l'angle technologique (risques sanitaires, bienfaits pour la santé, typicité), le lait a également joué un rôle social et économique déterminant.

Le présent texte vise à donc à fournir un certain nombre d'éclairages permettant de mettre en perspective le statut du lait cru dans l'évolution des produits d'appellation. Outre son importance économique, il s'agira aussi de voir comment le lait cru a longtemps été au cœur d'un important clivage idéologique qui – bien que largement apaisé aujourd'hui – doit encore être pris en compte pour bien comprendre les enjeux au sein des filières AOC/AOP fromagères. Enfin, la présentation sera également l'occasion d'envisager le rôle du lait cru dans les pratiques et les représentations des professionnels, tant en amont qu'en aval des filières.

### 1. La place du lait cru dans les AOC fromagères : éléments de cadrage statistique<sup>1</sup>

En 2014, la France compte 50 produits laitiers bénéficiant d'une Appellation d'Origine Contrôlée (46 sont enregistrés en Appellation d'Origine Protégée au niveau de l'Union Européenne, les 4 autres étant en cours d'enregistrement). Ce chiffre est depuis longtemps en augmentation régulière : 45 produits étaient en AOC en 2006. Ces 50 produits se décomposent comme suit :

- 45 fromages (28 au lait de vache, 14 au lait de chèvre, 3 au lait de brebis),
- 3 beurres,
- 2 crèmes.

Avec un volume de 230 000 tonnes en 2012, les produits laitiers AOC dans leur ensemble connaissent depuis 10 ans une progression lente et régulière (5% de croissance sur la période 2003-2013). Cette évolution est caractéristique des produits d'appellation, qui correspondent à un marché de niche garanti et pérenne dans le temps. Sur ces 230 000 tonnes, les fromages en représentent 190 000, soit un peu plus de 80%.

Famille la plus représentée, les fromages AOC représentent également près de 15 % des fromages affinés français en volumes (1,3 million de tonnes). Cette proportion passe à 28% lorsque l'on considère le chiffre d'affaires. Il s'agit là d'une autre caractéristique importante des produits AOC. Ainsi, en 2012, le prix de vente moyen des fromages affinés français dans leur ensemble était de 9,23 euros / kilo, à comparer 13,84 euros pour les fromages AOC. Ce différentiel s'est d'ailleurs accru au cours des dernières années.

---

<sup>1</sup> Docteur en Géographie, Chargé de projets à l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, Chercheur associé à l'UMR *Dynamiques Rurales*

<sup>1</sup> Les données présentées dans cette section sont toutes issues de l'Institut National des Appellations d'Origine et de la Qualité et du Conseil National des Appellations d'Origine Laitières).

Si l'on aborde maintenant la question du lait cru, on constate là encore que les fromages AOC se différencient très nettement de l'ensemble des productions françaises. En effet, en 2013, près de 75% des fromages d'appellation sont fabriqués à partir de lait cru, contre seulement 14% pour ce qui concerne les fromages dans leur ensemble. Relativement stable (72% en 2004), ce taux a malgré tout connu une certaine progression dans les dernières années, d'une part du fait de la croissance des volumes de fromages AOC où le lait cru constitue une obligation légale, et d'autre part du développement de produits au lait cru dans les AOC "non obligatoires" (Cantal, fourmes, Camembert de Normandie).

Ces caractéristiques particulières induisent également une différenciation assez nette en ce qui concerne les circuits de distribution : les AOC suivent en effet des trajectoires de commercialisation spécifiques :

- les fromages d'appellation sont encore très fortement représentés au rayon coupe, ils sont en effet près de 40% à être distribués de cette manière, tandis que les fromages affinés dans leur ensemble atteignent à peine 15%,
- ils sont moins légèrement moins présents en hard discount (15% contre 18 pour les fromages affinés),
- ils sont enfin présents de manière significative dans les commerces spécialisés traditionnels tels que les marchés locaux, la vente directe ou les épiceries fines (12% / 4%).

Ainsi, d'un point de vue économique et commercial, le secteur des AOC fromagères se différencie assez nettement du secteur de la production fromagère nationale dans son ensemble. L'idée majeure qui ressort de cette analyse est que le lait cru est un des vecteurs principaux de cette différenciation.

## **2. Le lait cru comme facteur de clivage idéologique au sein des syndicats AOC**

Quelques jalons historiques permettent de mieux comprendre ce clivage idéologique évoqué en introduction. Ainsi, l'année 1990 constitue une date charnière pour les AOC fromagères, au travers de leur transfert au sein de l'Institut National des Appellations d'Origine (INAO). Jusque-là, les AOC étaient gérées au sein du Comité National des Appellations d'Origine Fromagères (CNAOF), une instance dépendant du Ministère de l'Agriculture. La définition des produits était alors sous-tendue par une logique à dominante administrative, voire même politique dans certains cas, en outre, dans l'optique de l'obtention d'une AOC, il était important de justifier d'un tonnage suffisant et d'une viabilité économique. L'arrivée de l'INAO va modifier en profondeur ce fonctionnement, avec l'instauration des procédures déjà à l'œuvre dans le secteur viticole (commissions d'expert, délimitation des zones selon des critères objectifs).

Cette évolution va entraîner un mouvement généralisé de refonte des cahiers des charges des AOC laitières, en particulier au travers d'une réflexion relative aux critères de typicité des produits (races animales, alimentation, conditions de transformation, limites des zones). Ce mouvement va entraîner des débats extrêmement vifs au sein de nombreux syndicats d'appellation entre les différentes parties prenantes, et dans ce contexte, la question du lait cru va fréquemment cristalliser les divergences de points de vue.

Depuis 1974, les syndicats fromagers AOC sont regroupés au sein de l'Association Nationale des Appellation d'Origine Laitières Françaises (ANAOF), structure qui vise à défendre les intérêts des adhérents, à jouer le rôle d'intermédiaire avec l'administration et à initier des opérations de promotion. Parmi les produits représentés, les AOC de l'Est Central (Jura, Savoie) se sentent de moins en moins à l'aise, ce qui occasionne des divergences de plus en plus difficile à contourner. Caractérisées par une structure productive beaucoup plus atomisée qu'ailleurs (système des fruitières coopératives), ces AOC sont imprégnées d'une vision plus traditionnelle difficilement compatible avec les orientations de l'ANAOF, jugées trop commerciales et industrielles. Au final l'élection d'un transformateur industriel à la présidence de l'ANAOF (32 adhérents à ce moment-là) provoque le départ de 6 syndicats (dont ceux du Comté, du Reblochon et du Beaufort), qui décident immédiatement de créer la Fédération Nationale des Appellations d'Origine Contrôlées fromagères (FNAOC).

Dans les années qui ont suivi cette scission, la cohabitation entre ces deux structures va induire deux fonctionnements distincts, et surtout deux visions difficilement conciliables :

- au sein de l'ANAOF, la qualité du produit tient d'abord au savoir-faire du transformateur, qu'il soit industriel ou artisanal, le lait ne constitue qu'une matière première homogène,

- au sein de la FNAOC, la qualité et la typicité du produit "commence" dans les exploitations agricoles et dépend en premier lieu des conditions de production du lait.

Considérée comme un drame par les professionnels, la scission va perdurer jusqu'au début des années 2000. A ce moment-là, plusieurs acteurs issus des deux structures, conscients de la nécessité de parler d'une seule voix afin de mieux défendre les intérêts des AOC à l'échelle nationale et internationale, tentent de renouer des liens. C'est dans un climat apaisé qu'est créé en 2001 le Conseil National des Appellations d'Origine Laitières (CNAOL), structure désormais rattachée de façon officielle à la filière laitière nationale.

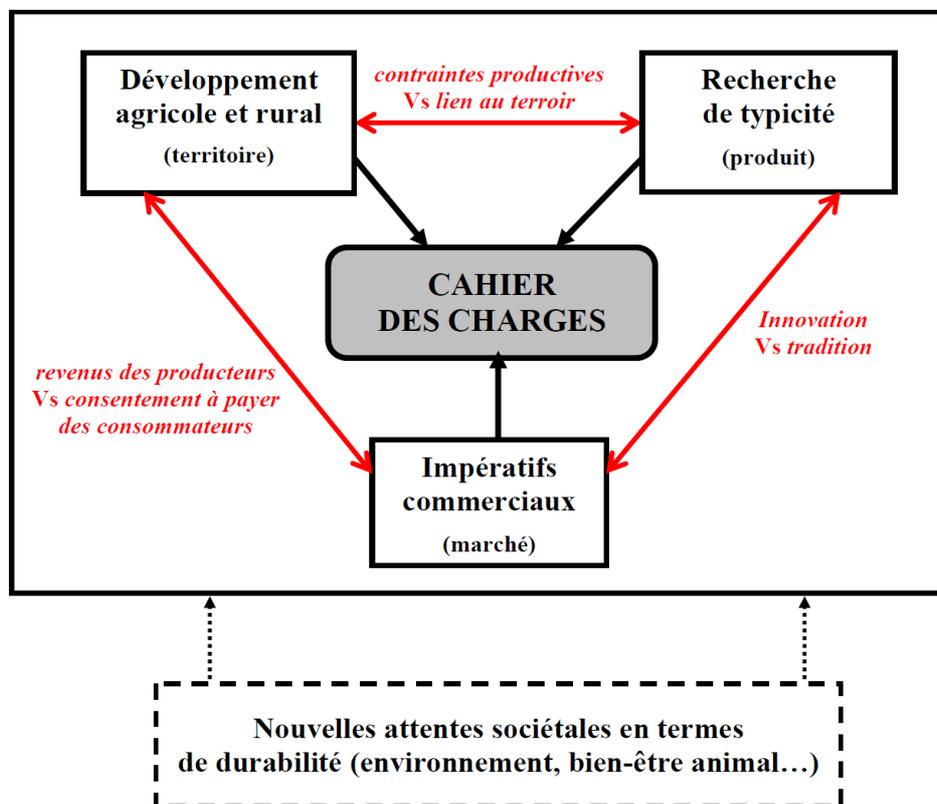
Ainsi, ces quelques éléments historiques montrent que le concept d'AOC, loin de constituer une base stabilisée, n'a jamais été réellement consensuel entre les acteurs des filières. Dans ce contexte, le lait cru constitue une des composantes qui a cristallisé ces divergences : s'il apparaît évident dans l'approche "traditionnelle", son statut est beaucoup plus ambigu dans une approche plus moderne. C'est cette distinction qu'il convient d'analyser dans la troisième partie.

### 3. L'influence du lait cru dans les pratiques et les représentations des acteurs

Comme on l'a vu plus haut, la reprise en main par l'INAO des AOC fromagères a initié un profond mouvement de révision des cahiers des charges. Toutefois, ce mouvement a pris des formes extrêmement différentes d'une région à l'autre, d'un produit à l'autre. Dans les vifs échanges – voire dans les blocages – qui se sont déroulés, le lait cru a pu jouer le cas échéant un rôle central. Une analyse fine des discours fait apparaître un "affrontement" entre des logiques partiellement incompatibles : les contraintes productives, les impératifs commerciaux, la qualité / typicité et la durabilité.

Synthétisé dans le schéma ci-dessous, cet "affrontement" est au cœur des débats et des réflexions qui conduisent – ou ont conduit – à la révision du cahier des charges.

#### Les logiques de construction / révision du cahier des charges AOC



Réalisé par J. Frayssignes, 2004.

Les trois logiques principales à l'œuvre sont les suivantes :

- la logique dite "de développement agricole et rural" est fondée sur la prise en compte des contraintes des producteurs (recherche de temps libre, astreinte inhérente à l'élevage) et à la volonté de maintenir le plus grand nombre de producteurs possible pour garantir la pérennité économique de la filière. Cette logique implique notamment que certaines mesures permettant une simplification du travail soient autorisées par le cahier des charges (ensilage, désaisonnement des animaux, techniques de report...).
- la logique dite "de typicité" est quant à elle liée à la préservation des caractéristiques traditionnelles du produit (lait cru, usage du foin et de l'herbe...), envisagé ici comme un patrimoine à conserver et à transmettre, ainsi qu'à une certaine "lutte" contre la modernisation (technologies laitières telles que la congélation du caillé, techniques agricoles telles que l'ensilage),
- enfin, la logique dite "commerciale" vise à adapter le produit aux contraintes du marché, étant donné la concurrence accrue des produits génériques. Cette logique se fonde sur le développement de nouvelles technologies (conditionnement) et de nouveaux circuits de distribution (libre-service).

Une quatrième logique dite de "durabilité" a également été identifiée. Fondée sur des attentes sociétales émergentes et disparates (pratiques agricoles respectueuses de l'environnement notamment), cette logique apparaît plus difficile à cerner et n'a de ce fait pas été placée au même niveau que les trois autres. Il s'agit aujourd'hui encore d'un faisceau d'éléments qui, sans être en opposition directe avec les autres logiques, ne conditionne pas encore de manière frontale le processus de révision d'un cahier des charges, bien qu'il infléchisse de façon significative le discours des acteurs.

Le second élément d'analyse qui figure dans ce schéma concerne cette fois-ci la confrontation entre les logiques "primaires".

Concernant principalement l'amont des filières, la confrontation entre les contraintes productives et la recherche de typicité est la plus fréquente dans la mesure où le nécessaire lien entre le produit AOC et son terroir s'accommode en général mal des pratiques productives modernes. Le maintien de certaines traditions peut dès lors être perçu par les producteurs comme une régression, un retour en arrière.

Plus complexe à interpréter, la confrontation entre les contraintes productives et les impératifs commerciaux implique très souvent une négociation de type "vertical" entre producteurs de lait et acteurs de la transformation, notamment au niveau de la rémunération de la matière première. Les éventuelles contraintes induites peuvent en effet justifier un prix du lait plus élevé, mais bloquer dans le même temps le consentement à payer des consommateurs.

Enfin, les impératifs commerciaux peuvent également entrer en contradiction avec la recherche de typicité, à travers le clivage classique entre respect de la tradition et innovation technologique. Une bonne illustration de cette opposition nous est donnée par le statut du lait cru, notamment dans les produits caractérisés par une fragilité bactériologique vis-à-vis des germes pathogènes (croûtes fleuries type Camembert de Normandie notamment, durées d'affinage courtes). Les débats portent bien souvent sur un possible assouplissement des contraintes de fabrication (thermisation par exemple) étant donné que ces produits crus ne sont pas en mesure de garantir une sécurité sanitaire tout au long de l'année, notamment durant les mois les plus humides. La crainte d'un accident sanitaire conditionne ici fortement le discours des professionnels.

## Conclusion

Ainsi, au vu de la réflexion proposée, le lait cru apparaît simultanément sous trois formes :

- un marqueur économique, qui contribue à différencier fortement les produits AOC du secteur des produits laitiers dans leur ensemble,
- un marqueur "idéologique", qui dans l'histoire institutionnelle des AOC laitières constitue une clé de compréhension importante,

- un marqueur social qui joue un rôle prépondérant dans les pratiques et les représentations des acteurs des filières, notamment en ce qui concerne la construction des cahiers des charges.

Au final, la question du lait cru apparaît centrale dans le quotidien des AOC fromagères et laitières françaises. Bien que la fragilité bactériologique des produits non chauffés se soit considérablement améliorée, le risque zéro n'existe pas ni n'existera jamais. Au-delà de la maîtrise sanitaire, une autre manière d'envisager le problème réside dans l'analyse des processus d'apprentissages susceptibles d'être mis en œuvre par les professionnels des filières, en particulier les transformateurs. L'enjeu réside dès lors dans l'acquisition – ou la ré-acquisition de compétences liées au travail du lait cru en usine. Pour citer un transformateur : "*Le lait cru, cela s'apprend, on ne travaille pas un lait vivant comme on travaille un lait standardisé, c'est une autre manière de gérer les risques*".

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) FRAYSSIGNES J., 2005. – Les AOC dans le développement territorial – une analyse en termes d'ancrage appliquée aux cas français des filières fromagères, Thèse de Doctorat en Études Rurales, mention Géographie, INP – ENSAT, 469 p. (2 volumes).
- (2) FRAYSSIGNES J., 2007. – L'AOC Roquefort, une filière emblématique, dans Hervieu B. (dir.), *Mediterra 2007 – identité et qualité des produits alimentaires méditerranéens*, CIHEAM, Presses de Sciences Po, 375 p., pp. 145-182.
- (3) FRAYSSIGNES J., 2007. –L'impact économique et territorial des Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine – une analyse à travers les exemples AOP/AOC Rocamadour, IGP Label Rouge Agneau Fermier du Quercy, IGP Label Rouge Haricot Tarbais et Label Rouge Bœuf Fermier Aubrac, Rapport d'étude réalisé par l'Institut Régional de la Qualité Alimentaire Midi-Pyrénées (IRQUALIM), financé par le Conseil Régional Midi-Pyrénées, septembre 2007, 85 p.
- (4) FRAYSSIGNES J., 2008. – Démarches de qualité et développement territorial : quels apports pour la géographie rurale ? L'exemple des AOC fromagères françaises, *Revue Géocarrefour*, numéro spécial Géographie(s) Rurale(s) en question(s), vol. **83**-4, pp. 295-305.
- (5) FRAYSSIGNES J., 2009. –L'impact économique et territorial des Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine – aspects comptables, évaluation de l'importance économique, synergies entre activités, Rapport d'étude réalisé par l'Institut Régional de la Qualité Alimentaire Midi-Pyrénées (IRQUALIM), financé par le Conseil Régional Midi-Pyrénées, septembre 2009, 102 p.

## ÉCOSYSTÈMES MICROBIENS DES LAITS CRUS : UN TRÉSOR ET UN CHALLENGE POUR LE FROMAGER

par Sylvie Lortal<sup>1</sup>

Les premières traces de la fabrication de fromages en Europe sont aujourd'hui datées du 6<sup>e</sup> millénaire avant JC (Salque *et al.*, 2012). Jusqu'à Pasteur à la fin du 19<sup>e</sup> siècle, tous les fromages sont fabriqués à partir de lait cru. Dans une grande partie du monde, ces pratiques ancestrales demeurent. Aujourd'hui en France, 15% de nos fromages seulement sont encore produits à partir de lait cru et parmi eux plusieurs fleurons de notre gastronomie.

Les enzymes clés impliquées dans la fabrication d'un fromage et dans le processus d'affinage sont apportées par les microorganismes, notamment pour les étapes d'acidification et de genèse de composés d'arômes à partir des protéines et des lipides du lait. **Ainsi la richesse organoleptique d'un fromage est directement liée à la biodiversité de l'écosystème microbien en action.** Or cet écosystème a deux origines principales :

- i) la flore microbienne intrinsèque du lait cru. En effet, compte tenu de sa richesse en eau et en nutriments, le lait initialement stérile se contamine rapidement avec les flores microbiennes environnantes (animal, ferme, cuves et outils). Longtemps cette flore intrinsèque a été la source exclusive des microorganismes impliqués dans la transformation en fromage. Le challenge du fromager consistait à en maîtriser la variabilité, et à limiter la présence et le développement des germes indésirables ;
- ii) les levains ajoutés par l'homme, sélectionnés depuis le début du 19<sup>e</sup> siècle dans une logique de simplification et de standardisation.

Il est à noter que la proportion de ces deux origines est éminemment variable d'une situation, ou d'un fromage à l'autre, selon les traitements d'épuration appliqués au lait avant fabrication.

**La biologie moléculaire a permis des avancées majeures quant à la composition des écosystèmes microbiens naturels du lait cru**, à leur variabilité, à leur dynamique dans le temps, à leur rôle dans la qualité organoleptique, mais a montré aussi leur appauvrissement en quantité et en qualité dans les laits crus actuels. **Elle ouvre la voie à une prise de conscience concernant la biopréservation de tout ce potentiel microbien et sa maîtrise raisonnée.** En effet, outre la diversification des goûts et le potentiel d'innovation associé, la consommation régulière de microorganismes aussi diversifiés pourrait avoir un rôle intéressant pour notre santé.

### RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

SALQUE *et al.*, 2012. – *Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium BC in Northern Europe.* Nature, doi:10.1038/nature 11698.

---

<sup>1</sup> Directrice de recherche, UMR Science et Technologie du Lait et de l'œuf, INRA - Agrocampus Ouest.

---

## **PRODUITS AU LAIT CRU ET DANGERS MICROBIOLOGIQUES UNE MAITRISE DE LA MATIERE PREMIERE AUX PRODUITS FINIS**

par Valérie **Michel**<sup>1</sup>

Du fait de l'absence de traitement épuratif avant la transformation, les produits laitiers au lait cru peuvent, dans certaines situations, être vecteurs de dangers microbiens. Néanmoins, les chiffres issus des réseaux de surveillance des toxi-infections alimentaires collectives(TIAC) montrent qu'en France ces produits n'occupent qu'une faible part de l'origine des TIAC. En effet en 2009, les produits laitiers (au lait cru ou non) constituaient moins de 5% de l'origine des 1250 cas déclarés (BEH, mars 2011).

Ces résultats traduisent les efforts sanitaires mis en place depuis la production dans les élevages laitiers jusqu'à la transformation en ateliers et la distribution. Si actuellement, des obligations légales encadrent ces aspects, de nombreuses filières et opérateurs, soucieux d'optimiser sans cesse cette gestion, ont mis ou mettent en place des opérations pionnières et innovantes de maîtrise de ces dangers. L'aspect collectif et multi-partenarial est souvent privilégié dans ces dispositifs.

Après avoir rappelé les dangers microbiens susceptibles d'affecter les produits laitiers au lait cru, la présente communication illustrera des exemples concrets de dispositifs de maîtrise. Un éclairage particulier sur les difficultés inhérentes liées à leur mise en place et à leurs conditions de réussite sera apporté. Enfin, le regard qu'ont d'autres pays sur la maîtrise sanitaire des produits au lait cru sera présenté.

---

<sup>1</sup> Responsable Pôle Microbiologie Laitière **ACTALIA**, Institut Technique Agro-Industriel.



## LE GOUVERNEMENT PAR LES STANDARDS : VERS QUEL MODÈLE D'AGRICULTURE ?

### LE POUVOIR DES STANDARDS : Comment on transforme l'agriculture par des normes invisibles

par Lawrence **Busch**<sup>1</sup>

Aujourd'hui nous vivons dans un monde de concurrence mais aussi dans un monde de standards. Ils paraissent être des classements techniques nécessaires pour livrer les produits alimentaires sur nos tables. Comme on peut le vérifier en entrant dans un supermarché quelconque, si on en a les moyens, on peut acheter des biens agro-alimentaires de plus d'une cinquantaine des pays. Pour la plupart ces biens sont standardisés, maîtrisés, produits pour se conformer à certaines règles. De plus, presque tous les standards sont vérifiés par un certificateur et chaque certificateur est vérifié par un accréditeur. Mais pour créer cette variété et ces choix, chaque acteur des chaînes logistiques agroalimentaires doit se comporter selon des standards sous peine d'être exclus du marché. Comme les biens, eux aussi doivent être standardisés, maîtrisés, rendus conformes aux standards.

La plupart de ces standards viennent du secteur privé et surtout des besoins des grands groupes agroindustriels. Ils ne sont pas le fruit d'une politique démocratique. De plus, ils n'offrent que rarement les moyens de se pourvoir en appel. En fait, ils constituent une sorte d'infrastructure rarement visible (1) qui gouverne les comportements des gens, (2) qui détermine ce qui apparaît sur notre table, et (3) qui a des conséquences importantes sur qui gagne et qui perd tout le long de la chaîne.

Donc, les standards sont à la fois techniques, politiques, économiques et éthiques. Si nous voulons promouvoir un monde durable et démocratique, il nous faut être plus vigilants sur la création et la mise en œuvre des standards.

### Quelques publications sur le sujet

- (1) BUSCH L., 2000. – The Moral Economy of Grades and Standards, *Journal of Rural Studies*, **16**(3), 273-283.
- (2) CODRON J-M., STERNS P., and Busch L., 2000. – Questions de Normes Agro-Alimentaires dans le Contexte de Globalisation, *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*. **55-56**, 45-51.
- (3) BUSCH L., 2001. – Témérité américaine et Prudence européenne ? *La Recherche*. **339** (February), 19-23.
- (4) HOLT D., REID T. and BUSCH L., 2007. – Les Normes dans l'Agriculture Contemporaine: Du Droit Positif à l'Etat Evaluator et Auditeur, *Déméter* **13**, 89-115.
- (5) BUSCH L. 2012. – Normes gouvernant l'innovation agricole. Pp. 19-39 in *Apprendre à innover dans un monde incertain: Concevoir les futurs de l'agriculture et de l'alimentation*, edited by E. Coudel, H. Devautour, C. T. Soulard, G. Faure, and B. Hubert. Paris, Éditions Quae.
- (6) BUSCH L., 2011. – Standards. Recipes for reality, Cambridge, MIT Press.

---

<sup>1</sup> Correspondant de l'Académie d'Agriculture, section IV.  
*Distinguished Professor of sociology, Michigan State University.*  
**C.R.Acad. Agric. Fr., 2014, 100, n°2.** Séance du 12 mars.

## LA POLITIQUE DU GOUVERNEMENT PAR LES NORMES Le palmier à huile en débat et la réponse de la certification mondiale

par Laurent Thévenot<sup>1</sup>

### 1. Quelle normativité? Essor des standards et changements des formes de gouvernement

La normativité traditionnellement assurée par le droit et les législations des États-nations connaît, au XXI<sup>e</sup> siècle, un déplacement majeur vers la normativité technique des standards ("*soft law*"). La position surplombante accordée à la coordination marchande et à ses bienfaits fait que les standards de qualité sont appelés à inscrire, dans des propriétés certifiées des choses, des préoccupations pour des biens fondamentaux tels que sécurité, santé, protection de l'environnement, équité, respect de la personne et lutte contre les discriminations. Ces biens communs en faveur desquels des citoyens et leurs représentants s'engagent dans des arènes politiques sont alors réduits à des propriétés certifiées de produits marchands entre lesquels les consommateurs effectuent des choix d'achat.

Avec ce nouveau modèle de "gouvernement par les normes", la prise en compte de biens fondamentaux pluriels dans les débats sur les lois et les politiques est transformée en choix techniques d'objectifs et de méthodes objectives de mesure de leur réalisation. Les lieux d'édiction des normes, les organismes chargés de leur mise en place et de leur contrôle, les principes qui les guident, se trouvent cristallisés dans des choses. La rupture est nette entre ce nouveau gouvernement privé et un modèle de gouvernement public relevant d'un Etat qui assure, par des pouvoirs législatif, judiciaire et une police, la protection de garanties pour les citoyens. La normativité du droit est transférée à la normalisation des choses porteuses d'une autorité réifiée et distribuée.

### 2. Le dispositif de normalisation répondant aux critiques du modèle industriel de palmier à huile

Parmi diverses normalisations de l'économie agricole, normes privées émanant de producteurs et distributeurs ou normes internationales génériques ISO, nous considérerons un type récent de certification dont l'ambition est de gouverner au niveau mondial des filières agro-industrielles majeures (café, soja, sucre de canne, coton, fleurs, aquaculture, bœuf, biocarburant), tout en contournant les Etats nations.

L'extension mondiale de la culture du palmier à huile selon un modèle industriel, de l'Afrique à l'Indonésie et à la Malaisie qui en produisent aujourd'hui 80%, a suscité des controverses. Les critiques ont porté sur la déforestation, l'extinction de forêts primaires, la menace sur les espèces y vivant et sur la biodiversité, la destruction et combustion de tourbières accroissant le réchauffement climatique, la mainmise des multinationales sur les terres de populations locales et indigènes, le modèle d'agriculture privilégié. En raison de ces attaques, un dispositif a été mis en place autour du standard *sustainable palm oil* supposé offrir une réponse plus efficace que celle apportée par les Etats. Soumis aux principes de "transparence", d'"inclusion" et de "consensus", le dispositif relève du modèle *multi-stakeholder* qui a l'ambition de s'ouvrir à toutes les parties prenante y compris les petits planteurs. Qu'en est-il de fait, alors que l'initiative est issue d'un accord entre WWF et Unilever avant d'avoir été étendue à des ONG plus diverses? Comment ont évolué le contenu et la nature des "principes, critères et indicateurs" qui constituent les textes normatifs et les instruments d'application?

On examinera les traits spécifiques de ce gouvernement par les normes qui canalise les délibérations et formulations des textes normatifs autour d'objectifs supposés faire l'objet de mesures objectives de la part d'organes de contrôles et d'audit évaluant la mise en œuvre de la norme par ceux qui s'y sont engagés. Un tel gouvernement par l'objectif se met en place aujourd'hui en Europe et internationalement, prétendant inclure dans les politiques la mesure objective de leur réalisation (*evidence-based policies*) au regard de ces objectifs délimités, et rendre ainsi superflue toute autre critique, qui se trouve de fait embarrassée.

---

<sup>1</sup> Directeur d'études à l'École des Hautes Études en Sciences Sociales.

### 3. Limites et débordements du dispositif. Éclairages par l'enquête sur la table ronde de 2013

Un ensemble collectif d'enquêtes menées notamment au CIRAD a permis de suivre sur le terrain toute la chaîne de mise en œuvre de la certification. En observant et interrogeant divers acteurs impliqués dans sa critique, à l'intérieur comme à l'extérieur du dispositif, d'autres modèles d'agriculture et de développement ont été mis en évidence, dans un espace de débat élargi.

- Menant des enquêtes approfondies sur le terrain en coopération avec des communautés locales en conflit durable avec les entreprises, une ONG internationale associée à des organisations locales a fait avancer des résolutions dans la table-ronde en publiant auparavant un épais dossier sur certaines limites du dispositif.

- Mettant l'accent sur des pratiques d'agriculture et des cultures locales non prises en compte dans la norme, des ONG locales font entendre la voix propre des petits agriculteurs dits *smallholders*, leur utilisation stratégique du dispositif s'ajoutant à d'autres expressions critiques externes.

- Bénéficiant de l'appui d'ONG, un syndicat a été créé pour assurer la représentation de ces petits agriculteurs.

- Une coordination de plusieurs syndicats de travailleurs a utilisé l'événement de la table-ronde de 2013 pour une manifestation autour de la table-ronde.

Comme le montre l'enquête la plus récente sur la table-ronde de 2103 (Emmanuelle Cheyns et Laurent Thévenot), la dynamique interne limitée du gouvernement par les normes doit être replacée dans un contexte plus large de stratégies et d'expressions critiques autour du dispositif.

#### Quelques publications sur le sujet

- (1) THÉVENOT L., 1995. – "Des marchés aux normes", in Allaire, G., Boyer, R. (eds.), *La grande transformation de l'agriculture : lectures conventionnalistes et régulationnistes*, Paris, INRA-Economica, pp.33-51.
- (2) THÉVENOT L., 1997. – "Un gouvernement par les normes; pratiques et politiques des formats d'information", in Conein, B. et Thévenot, L. (dir.), *Cognition et information en société*, Paris, Ed. de l'EHESS (Raisons Pratiques 8), pp. 205-241.
- (3) THÉVENOT L., 2007. – "La mise en place d'un gouvernement par les normes à l'échelle européenne", in Derouet, Jean-Louis et Normand, Romuald (eds.), *L'Europe de l'éducation : entre management et politique*, Lyon, Institut National de la Recherche Pédagogique et Ecole Supérieure de l'Education Nationale, pp. 55-62.
- (4) THÉVENOT L., 2009. – "Governing Life by Standards. A View from Engagements", *Social Studies of Science* 39(5): 793-813.
- (5) THÉVENOT L., 2014. – "Nouvelles autorités à l'épreuve de la critique. Le gouvernement par l'objectif" in Frère Bruno (sous la dir.) *Le tournant de la critique sociale*, Paris, Desclée de Brouwer (à paraître).

## TABLES RONDES MULTI PARTIES-PRENANTES POUR L'AGRICULTURE DURABLE

### Faire entendre différentes voix, des multinationales aux agriculteurs familiaux ?

par Emmanuelle Cheyns<sup>1</sup>

Depuis le début des années 2000, des initiatives d'élaboration de standards volontaires de durabilité pour différents produits d'origine agricole (huile de palme, soja, agro-carburants, coton, canne à sucre, etc.) se sont développées à travers un processus de « tables rondes ». Ces initiatives visent à prendre en charge des questions sociales et environnementales liées à l'agriculture, à travers des dispositifs « ouverts » de participation et de négociation dits « multi-stakeholders », réunissant des opérateurs économiques de filières agroalimentaires (producteurs, acheteurs, grossistes, distributeurs, nationaux et multinationaux) mais aussi des ONG « sociales » et « environnementales », internationales et locales, à une échelle mondiale. Ces différents stakeholders définissent un cahier des charges de l'agriculture durable par grande culture et les modalités de la certification du standard.

Présentées comme « privées » et « volontaires », ces initiatives assoient leur légitimité sur leur capacité à faire participer « toutes les catégories d'acteurs » dans un processus participatif inclusif et horizontal. Notre contribution visera à caractériser l'équipement politique et matériel que proposent ces dispositifs dans leur tentative de construire un accord et d'intégrer une variété de voix. A partir du cas particulier de deux tables rondes (RSPO : *Roundtable on Sustainable Palm oil* et RTRS : *Roundtable on Responsible Soy*), nous analyserons en particulier les effets de ces dispositifs sur les formes de construction du bien commun et les tensions relatives aux formes de représentation et de participation.

La participation de certains acteurs « locaux » telles que les communautés villageoises et les producteurs familiaux pose des questions d'expression et de considération de leurs voix. D'une part certains participants tentent d'imposer une relation hiérarchique entre les agriculteurs familiaux et les directeurs de sociétés de plantation, de façon à limiter le pouvoir de représentation des premiers dans la table ronde et leur capacité à transformer la réalité. D'autre part, le fonctionnement des tables rondes privilégie experts, savoirs globaux, stratégies et détachement aux dépens d'autres formes de connaissance et d'évaluation sur lesquelles s'appuient des personnes locales venant défendre leurs vies quotidiennes et matérielles et mettre en débat des principes de justice et dénoncer des « faits d'injustice ».

Dans ce contexte, on examinera aussi la capacité de certaines ONG, en particulier locales, à appuyer des communautés locales dans une participation publique et faire remonter leur plainte.

#### Quelques publications sur le sujet

- (1) CHEYNS E., 2011. – Multi-stakeholder initiatives for sustainable agriculture: limits of the 'Inclusiveness' paradigm. In: Ponte Stefano (ed.), Gibbon Peter (ed.), Vestergaard Jakob (ed.). *Governing through standards: origins, drivers and limitations*. Londres: Palgrave Macmillan, p. 210-235.
- (2) CHEYNS E., 2012. – (Dé)-politisation des standards agricoles dans les initiatives multi parties-prenantes. In : Alphandéry P., Djama M., Fortier A., Fouilleux E. (éds.), *Normaliser les conduites au nom du développement durable. Dispositifs, savoirs, politiques*. Versailles : Quae, p 103-120.

---

<sup>1</sup> Chercheure en sciences sociales, CIRAD – UMR Moisa.

- 
- (3) CHEYNS E., 2014. – Making “minority voices” heard in transnational roundtables: The role of local NGOs in reintroducing justice and attachments. *Agriculture and Human Values* (à paraître).
  - (4) CHEYNS E. and RIISGAARD L., 2014. – à paraître. Introduction to the symposium. The exercise of power through multi-stakeholder initiatives for sustainable agriculture and its inclusion and exclusion outcomes, *Agriculture and Human Values*.
  - (5) ESCOBAR M. and CHEYNS E. 2012. – « NGOs acting along global supply chains: Between market and politics. An assessment of campaigns and regulatory devices in the palm oil and soy sectors”, Workshop: *Responsible Supply Chains and Networks: Challenges for Governance and Sustainability*, Stockholm, 22-24 November 2012, 31 p.
  - (6) Ponte S. and CheyNS E., 2013. Voluntary Standards and the Governance of Sustainability Networks, *Global Networks*. 13 (4): 459-477.



Séance du 19 mars 2014

**DES SYSTÈMES DE CULTURES UKRAINIENS AUX ENJEUX  
PHYTOSANITAIRES ET ALIMENTAIRES: ACTUALITES DU MAÏS**

Note de synthèse rédigée par les animateurs de la séance  
par Jean-Jacques **Hervé**<sup>1</sup> et Catherine **Regnault-Roger**<sup>1</sup>

*Initialement programmée pour aborder les évolutions des structures agraires et des systèmes de culture en Ukraine, l'actualité internationale marquée par la crise politique qui secoue l'Ukraine depuis le rejet, en novembre 2013, du projet d'Accord d'Association avec l'Union européenne a conduit à redéfinir cette séance en la centrant sur les enjeux de la production mondiale du maïs. Elle a ainsi rassemblée trois communications complémentaires destinées à éclairer les perspectives de développement de cette culture et de sa contribution aux bilans alimentaires.*

*Le maïs est devenu, en quelques dizaines d'années, dans le monde entier, une des grandes cultures majeures du commerce international, présente dans la plupart des systèmes agraires à la fois comme constituant ou source d'ingrédients de l'alimentation humaine et animale et comme matière première de l'agrochimie des substituts aux hydrocarbures fossiles. La chronologie et l'ampleur de la place prise par la culture du maïs en Ukraine depuis l'indépendance en 1991, offrent un raccourci des évolutions antérieures dans le reste du monde et permet, à partir d'un seul exemple local de porter un regard sur les enjeux mondiaux du développement du maïs dans l'alimentation et les industries agricoles traditionnelles et nouvelles, et sur le rôle et les évolutions probables des nouveaux systèmes de culture.*

*La séance du 19 mars ne saurait avoir pu prétendre à l'exhaustivité, tant les facettes du dossier du maïs sont nombreuses et suscitent des débats passionnés autour des thématiques contemporaines de l'usage de l'eau, du recours aux produits phytosanitaires, des fonctionnalités qui seraient permises par le génie génétique, pour ne citer que quelques un des thèmes d'un très large débat de société.*

*La séance se veut précisément être l'occasion d'illustrer la complexité et la diversité du débat sur le maïs. Pour rester dans le cadre du temps imparti, les responsables de cette séance ont choisi d'aborder des points de vue très différents, combinant courtes et longues focales afin d'esquisser une vue d'ensemble à caractère stratégique et de montrer que sa validité tient aussi aux approches de détail les plus fondamentales. En partant de la relation de Jean Jacques Hervé sur les terres noires d'Ukraine—réputées en Europe plus qu'elles n'y sont réellement connues—le point de vue s'élargit avec le voyage que propose la géographe de la faim, Sylvie Brunel en s'appuyant sur son ouvrage « Géographie amoureuse du maïs ». Puis la parole est ensuite donnée aux experts de la protection phytosanitaire, de sorte que l'actualité du maïs apparaisse sous ses divers volets, aucun ne pouvant être traité sans se référer aux enjeux globaux de la préservation de l'environnement, de la couverture des besoins nutritionnels et agroindustriels, bref de réponses pertinentes aux besoins réels de la société.*

---

<sup>1</sup> Membres de l'Académie d'Agriculture de France.  
C.R.Acad. Agric. Fr., 2014, 100, n°2. Séance du 19 mars.

**Introduction** par Jean-Jacques Hervé

**D'un projet de séance sur l'Ukraine à une valorisation de l'expérience ukrainienne et mondiale de la culture du maïs.**

L'Académie a examinée plusieurs projets successifs de séance consacrée aux évolutions profondes que connaît l'Ukraine depuis son indépendance en décembre 1991, dans le cadre de l'implosion de l'ancienne Union soviétique. Un premier projet se proposait de partir de l'histoire agraire d'une exceptionnelle entreprise agricole-Agroecologica-convertie depuis les années 70 à l'Agriculture organique (terme utilisé en Europe orientale, comme dans le monde anglo-saxon pour le vocable français mais incorrect « d'agriculture biologique »). Son fondateur, l'Académicien Sémion Antoniets y débutait sa carrière comme directeur de la production dans une structure de ferme collective soumise aux obligations de la Planification centralisée. La multiplication des problèmes de santé, aussi bien des végétaux que des animaux et des humains, et l'impossibilité de corriger les excès des oukases agronomiques de Moscou, l'invitèrent à rechercher une plus grande autonomie dans la maîtrise des facteurs de production. Il renonça aux livraisons d'engrais et de produits phytosanitaires aux compositions inconnues, et entreprit une gestion raisonnée des cycles des différents éléments nutritifs, conservant une importante activité d'élevage, et bénéficiant de la main d'œuvre abondante des kolkhozes. Privatisée depuis 1992, l'exploitation qui conserve une superficie de 8 000 hectares, certifiée « Bio » (par Ecocert) offre un terrain remarquable d'analyse du potentiel de production et des condition de gestion d'un grand domaine sans avoir recours aux produits de synthèse de l'industrie chimique. Des ennuis de santé de Sémion Antoniets ont conduit à repousser la date de la séance tandis que se précisait le programme de travail de l'Académie autour des systèmes de culture, avec plus de propositions que le calendrier des séances ne permettait d'en inscrire valablement. Un nouveau projet est proposé avec le soutien d'André Gallais, sensible à l'intérêt d'une ouverture aux réflexions et aux ressources génétiques de cette partie de l'Europe orientale-héritière, en dépit des baisses drastiques des budgets depuis une vingtaine d'années, de l'école de génétique végétale de Vavilov-et l'appui de Bernard le Buanec qui a apporté son concours à plusieurs reprises à la mise en place d'un système national de certification des semences en Ukraine dans le cadre des schémas internationaux de *l'OCDE et de l'ISTA*. Finalement le brusque renvoi du projet de partenariat entre l'Union européenne et l'Ukraine au sommet de Vilnius trouble de nouveau la programmation, au demeurant toujours difficile lorsqu'il s'agit de faire appel à des collègues éloignés, ne disposant pas toujours de la possibilité de s'exprimer en français ou en anglais.

Dans ce contexte, il fut convenu de s'éloigner d'une problématique régionale - malgré l'importance grandissante du bassin de la Mer Noire et de son immense hinterland dans le commerce international des grains - pour traiter des questions agronomiques, économiques et sociales soulevées par le développement de la culture du maïs en initiant la réflexion sur le cas des terres noires d'Ukraine.

Plante mondiale en fort développement, le maïs dont la part croit dans les échanges commerciaux depuis les grands bassins de production d'Amérique du Nord, d'Amérique du Sud et d'Europe, sans omettre l'Amérique centrale d'où elle est originaire, contribuera-t-il à équilibrer offre et demande alimentaire, et apportera-t-il des réponses nouvelles aux grands enjeux démographiques et environnementaux des prochaines décennies ?

Plante mondiale, le maïs appelle une stratégie évoluée de la protection des cultures qui mobilise toutes les ressources de la biologie et des biotechnologies et ne pourra conjuguer les objectifs de production et de respect de l'environnement qu'en progressant dans la connaissance fondamentale des mécanismes de contamination et de défense contre les diverses agressions. Des débats sociétaux interviennent aujourd'hui sur la place qu'il faut accorder aux biotechnologies dans la défense des cultures, à travers les variétés de maïs génétiquement modifiées par transgénèse (maïs GM), rendant des maïs commercialisés tolérants à un ou plusieurs herbicides ou résistants à des insectes lépidoptères, coléoptères ou diptères. En France, ce débat

sociétal s'accompagne d'une confrontation violente sur le terrain (arrachage par des activistes anti-OGM d'essais expérimentaux et de parcelles fraîchement semées légalement) et d'un appui politique des derniers gouvernements, univoque et actif, contre la culture des maïs GM. Le maïs, enjeu pour l'alimentation mondiale, devient ainsi un symbole du développement biotechnologique de l'agriculture.

Ces trois angles d'attaque structurent la séance. Elle s'ouvre avec une présentation de la révolution du maïs en Ukraine par Jean Jacques Hervé qui y travaille depuis plus de huit ans, d'abord auprès du gouvernement ukrainien puis au sein de la filiale ukrainienne du groupe Crédit Agricole. La géographe Sylvie Brunel dégage les grandes lignes du développement de la production de maïs dans le monde et les met en relation avec la géographie de la faim, montrant que les grands enjeux mondiaux ne s'accordent pas nécessairement avec les positions adoptées par l'Union européenne et les organisations professionnelles. Enfin Catherine Regnault-Roger fait le point, dans son exposé oral en dialogue avec Marc Délos, sur les enjeux sanitaires pour le maïs en tentant de relier les résultats les plus récents de la recherche aux pratiques et aux évolutions qui pourraient leur être imprimées.

## **1- Évolutions récentes des structures d'exploitation et des systèmes de culture en Ukraine; place et perspective pour le maïs.**

En Ukraine, le très fertile tchernoziom voit croître la sole en maïs grain en proportion de la demande internationale, notamment de l'Union européenne qui figure en première place des pays importateurs, avec plus de dix millions de tonnes pour la campagne 2013 / 2014. Le maïs est cultivé soit de façon extensive soit selon des technologies intensives. Dans le premier cas, l'objectif de production unitaire est de l'ordre de quatre à cinq tonnes par hectare ; les techniques culturales font largement appel aux divers types de «*no till*», et les choix variétaux s'orientent vers des variétés locales avec une protection sanitaire principalement constituée de produits génériques ou de produits issus de l'industrie asiatique. Mais la progression du maïs est surtout le fait des systèmes très intensifs mis en œuvre au sein des grandes structures holdings réunissant plusieurs milliers voire plusieurs dizaines de milliers d'hectares. Les objectifs sont alors de récolter de huit à onze tonnes de grains par hectare en tirant parti de la fertilité naturelle des terres noires, et des meilleures ressources technologiques semencières et de protection des cultures. Ainsi des modes de conduite très diversifiés coexistent, parfois au sein d'une même entreprise, la superficie traitée de façon intensive étant limitée par les capacités de financement de mises en culture intensives plus coûteuses. La recherche d'une agriculture durable sous-tend l'évolution des systèmes de culture dans le contexte d'une économie agricole orientée pour la moitié de sa production vers l'exportation.

L'exposé abordera tour à tour :

- l'intensification et extensification des itinéraires techniques dans les grandes entreprises de production agricole (Agroholdings) ; les choix technologiques (notamment gestion des sols, de la fertilité, et des choix variétaux).
- la construction des itinéraires techniques pour minimiser les risques climatiques et conserver une compétitivité à l'exportation ; structures et coûts de production dans les modèles intensifs.
- la co-existence au sein d'une même entreprise de conduites intensives et extensives ; critère de choix entre ces deux voies ; enseignement des enquêtes d'exploitations.
- l'adaptation des systèmes de production depuis l'indépendance de l'Ukraine dans le cadre d'une économie libérale, sans aide et sans protection.
- la conduite de l'agriculture organique à grande échelle.
- le développement des productions animales associées aux grandes productions végétales. Intensification et utilisation rationnelle des cycles biologiques des éléments minéraux et de l'énergie, valorisation de l'intégration verticale et des principes de l'économie circulaire.
- les conditions, contraintes et résultats. Quelles places pourraient occuper des systèmes à forte intégration agro écologique?

*Intervenant : Jean Jacques Hervé*

*IGPEF, Crédit Agricole Ukraine, Board Member, Agribusiness*

*Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Membre des Académies des Sciences Agraires de Russie et d'Ukraine*

## **Le maïs dans les enjeux alimentaires**

Dans un paysage agricole et social dessiné par une géographie de la faim et une géographie des potentialités agro-économiques mondiales, le maïs est une plante à haut potentiel qui passionne ou effraie. En s'appuyant sur une large expérience mondiale, et sur l'expérience des producteurs il devient possible de préciser comment et en quoi le maïs peut répondre aux enjeux alimentaires pour le monde aujourd'hui et comment il peut contribuer à résoudre les défis alimentaires de demain. Les attaques contre l'agriculture française sont-elles justifiées alors qu'il existe à nos portes des régions structurellement déficitaires et que les campagnes françaises sont engagées dans un processus de mutation écologique difficile mais bien réel ?

*Intervenante : Sylvie Brunel*

*Professeur des universités, Sorbonne Paris IV, UFR de Géographie et Aménagement*

## **Le maïs au cœur des enjeux de la protection phytosanitaire.**

Sa place dans les assolements, la diversité des profils génétiques et des systèmes de culture génèrent une multitude de situations où l'agronome doit intégrer de très nombreux facteurs depuis la protection de la culture en place et ses effets sur les autres cultures de la rotation jusqu'aux conséquences sur les biocénoses associées aux cultures et sur les santé animale et humaine. De fait, les stratégies de contrôle des bio-agresseurs du maïs doivent inclure non seulement les aspects technologiques, mais aussi dans plusieurs pays, des facteurs d'ordre politiques que ce soit le refus des biotechnologies basées sur la transgénèse dans plusieurs pays européens, dont la France, ou dans une autre dimension, la mise en place d'une nouvelle organisation de l'agriculture engendrant des bouleversements d'ordre économique, juridique et social (notion de troisième révolution agricole, en Argentine notamment). Dans ce contexte, la culture du maïs, avec le recours aux biotechnologies et au génie génétique, soulève, au-delà des questions scientifiques, des questions de société.

Cette communication et l'article qui en est issu font le point sur la place de la culture du maïs dans le monde et en France, la qualité sanitaire des récoltes à travers les relations trophiques plante-insectes ravageurs-mycoflore pathogène et mycotoxines associées, sur les moyens de lutte contre ces bio-agresseurs au moyen des traitements prophylactiques ou phytopharmaceutiques (de synthèse et biologiques) ainsi que le recours aux variétés transgéniques dites Bt intégrant l'événement MON 810. Aujourd'hui interdite en France après de longues années de procédures et rebondissements politico-réglementaires, la culture des maïs Bt, largement cultivée de par le monde et dans la péninsule ibérique, fait cependant l'objet d'une surveillance post-commercialisation réglementaire européenne des plus sévères. Dans ces conditions, il faut se demander s'il est raisonnable de priver, pour des raisons politico-idéologiques, les agriculteurs français d'une technologie qui a fait ses preuves et qui est complémentaire d'autres approches dans une protection intégrée de la culture.

*Intervenante : Catherine Regnault-Roger*

*Professeur des universités Emérite à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour (UMR UPPA CNRS 5254 -IPREM-EEM), Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Secrétaire de la Section productions végétales*

**En conclusion,** André Neveu s'interroge sur le débat virulent qui existe autour du maïs et sur le bien-fondé des critiques que cette culture concentre. Est-ce une plante miracle ou une culture qu'il faut accabler de tous les maux ? Pourquoi cette plante présentant de véritables avantages, avec des rendements qui ont progressé spectaculairement au cours des cinquante dernières années, son adaptabilité aux climats

chauds, sa réponse à l'irrigation et la souplesse de son intégration dans les systèmes de cultures, aussi qu'une foultitude d'emplois alimentaires ou industriels, fait-elle l'objet de si violentes critiques ? André Neveu les détaille, évoquant tour à tour la consommation d'engrais et l'irrigation, mais aussi l'agriculture productive dans laquelle cette culture s'inscrit et le symbole qu'est devenu le maïs transgénique dit OGM qui occupe déjà près d'un tiers des cultures PGM mondiales en 2013, la production de bioéthanol aux Etats-Unis et le soutien économique que cela procure aux fermiers américains. Il souligne ainsi que cette culture, dans le contexte où les besoins alimentaires mondiaux liés à la démographie humaine vont considérablement augmenter, «constitue un atout très important qu'il n'est pas question de sacrifier ».

*André Neveu, Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Secrétaire de la Section Economie et Politique.*

Diaporamas et textes en ligne : <http://www.academie-agriculture.fr/seances/des-systemes-de-cultures-ukrainiens-aux-enjeux-phytosanitaires-et-alimentaires-actualites-du?190314>

## LE MAÏS AU CŒUR DES ENJEUX DE LA PROTECTION PHYTOSANITAIRE

par Catherine **Regnault-Roger**<sup>1</sup>

Le maïs est une culture stratégique dans le contexte de la mondialisation et un élément clé de l'agriculture et de l'économie française. Sa place dans les assolements, la diversité des profils génétiques et des systèmes de culture génèrent une multitude de situations où l'agronome doit intégrer de très nombreux facteurs depuis la protection de la culture en place et ses effets sur les autres cultures de la rotation jusqu'aux conséquences sur les biocénoses associées aux cultures et sur les santé animale et humaine.

Les relations interspécifiques entre le maïs et ses bio-agresseurs, les insectes phytoravageurs (pyrale et sésamie), la mycoflore pathogène fusarienne et mycotoxines associées, les traitements phytopharmaceutiques (de synthèse et biologiques), le recours aux variétés transgéniques (incluant notamment l'événement MON 810), sont au cœur d'enjeux non seulement sanitaires pour la qualité de la récolte, mais également politiques en France. Les stratégies de contrôle des bio-agresseurs du maïs avec notamment le recours aux biotechnologies et au génie génétique, soulèvent au-delà des questions scientifiques des débats de société.

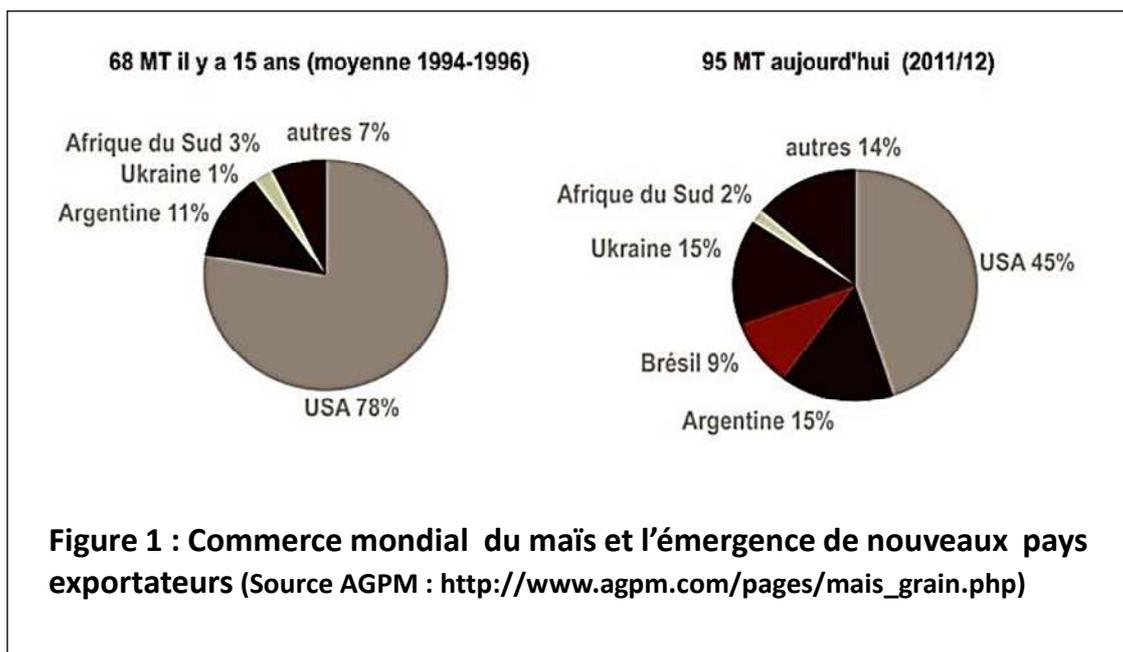
### 1. La place de la culture du maïs en France et dans le monde

Le maïs est une culture stratégique dans le contexte de la mondialisation : elle est la première céréale produite, en volume, devant le blé et le riz. La production mondiale de maïs en 2012 s'élevait à 864 MT pour une superficie d'environ 177 millions d'ha dont 32% était cultivé avec des variétés transgéniques (**James 2013**), ce qui représente la première culture de céréales transgéniques dans le monde. Les Etats-Unis produisent 41% de la production mondiale suivi par la Chine (25%), la place de l'Union européenne se situant autour de 10%. Le commerce mondial du maïs se caractérise par l'émergence de nouveaux pays exportateurs, en particulier l'Ukraine et le Brésil (figure 1).

Selon l'AGPM (Association générale des producteurs de maïs), le maïs fourrage (1,44 Mha en 2011) est cultivé dans les départements de l'Ouest, en Bretagne, Normandie, Pays de la Loire où la production laitière est importante. Le maïs grain (1,56 Mha en 2011) est produit principalement dans le Grand Sud-Ouest de la France (40% des surfaces) avec un volume total de 15,8 MT et un rendement moyen de 105 q/ha. Il est destiné à l'alimentation des animaux, notamment volailles/ovins/porcs (3 MT achetés par les fabricants d'aliments du bétail et de 1 à 3 MT servant à l'autoconsommation dans les fermes). Le reste de la production est livré au secteur industriel avec 2 MT environ pour l'amidonnerie et 0.4 MT pour la semoulerie. Cette production est exportée aux deux tiers (AGPM, <http://www.agpm.com>). La France occupe une place prépondérante en Europe avec une production de maïs grain représentant 25% de la production européenne de 65 MT en 2012, mais en diminution (30% en 2008) en raison de la concurrence pressante d'autres pays (Italie, Hongrie, Roumanie).

---

<sup>1</sup> Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur des universités Émérite à l'Université de Pau et des pays de l'Adour.



C'est dans ce contexte d'âpre compétition qu'il convient, pour conserver ses parts de marché, d'assurer de hauts rendements en améliorant sans cesse les performances agronomiques de la culture tout en préservant la qualité des récoltes.

## 2. La qualité sanitaire des récoltes : un enjeu clef

La qualité sanitaire de la production de maïs représente un facteur essentiel pour l'exportation ainsi que pour assurer la sécurité alimentaire que les citoyens sont en droit d'attendre. Parmi les nombreuses agressions que subit le maïs cultivé, certains bio-agresseurs affectent non seulement les caractères organoleptiques de la récolte mais aussi en altèrent la composition nutritionnelle en produisant des toxines hautement dommageables pour la santé animale et humaine. C'est le cas de la relation interspécifique entre le maïs, les lépidoptères ravageurs des organes aériens de la plante que sont la pyrale (*Ostrinia nubilalis*) et la sésamie (*Sesamia nonagrioides*), et la mycoflore fusarienne.

Les deux insectes produisent des dégâts consistant en des galeries creusées par les chenilles de ces insectes, et provoquent une fragilisation de la plante en affectant son alimentation en eau et son développement. Les galeries creusées sont souvent à l'origine de la verse du maïs et de la chute des épis. La pyrale du maïs est un insecte polyphage largement répartie sur le territoire français avec un nombre de cycles de reproduction annuels qui diffère selon les régions : une à deux générations par an, exceptionnellement trois. La sésamie est méridionale, polyvoltine et sensible aux froids hivernaux intenses. Ces insectes provoquent des blessures qui constituent autant de portes d'entrées pour l'installation d'une mycoflore pathogène et toxigène dans la plante.

Les agents des maladies cryptogamiques ou virales sont également nombreux. Parmi les champignons pathogènes, ceux du genre *Fusarium* spp. sont à l'origine d'une maladie sévère, la fusariose répartie sur l'ensemble du territoire français. Une étude réalisée par les Services de la protection des végétaux du Ministère de l'Agriculture sur l'ensemble du territoire français sur une période de quatre ans (2001-2005), a identifié les espèces pathogènes de *Fusarium* : *F. verticilloïdes*, *F. graminearum* et *F. proliferatum* comme les plus fréquemment retrouvées et à un degré moindre *F. culmorum* (Weissenberger et al 2006). Les espèces *F. graminearum* et *F. culmorum* produisent des mycotoxines de la famille des trichothécènes en particulier le DON (déoxynivalénol) tandis que *F. proliferatum* et *F. verticillioïdes* (*ex-moniliforme*) biosynthétisent des mycotoxines de la famille des fumonisines. Ces dernières prédominent dans les régions

les plus méridionales et sont des champignons opportunistes. Actuellement prépondérante sur maïs en France en raison des conditions climatiques actuelles, il n'est pas exclu que la mycoflore fusarienne ne puisse rentrer en compétition sur le territoire national avec d'autres champignons phytopathogènes et toxigènes du genre *Aspergillus*. Il a été observé au cours des dernières années, dans différents pays de l'Europe du Sud et de l'Est soumis à des étés très chauds, des développements d'*Aspergillus flavus* qui produisent des aflatoxines hautement cancérigènes.

Les mycotoxines sont à l'origine de plusieurs maladies graves chez l'homme et le bétail. Des effets cancérigènes, mutagènes, tératogènes, nécrosants, immunosuppresseurs, allergiques, oestrogéniques, neurotoxiques et néphrotiques sont établis. Ils sont fonction de la nature de la mycotoxine impliquée, de sa concentration et de la durée de l'exposition. Aussi importe-t-il de surveiller les teneurs en mycotoxines dans les récoltes. Une réglementation européenne a été adoptée puis révisée (règlement (CE) n°1881/2006 et règlement (CE) N°1126/2007) fixant les seuils à ne pas dépasser : 5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  (ppb) pour l'aflatoxine B1, 4000 ppb ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) pour les fumonisines B1/B2, 1750 ppb pour le déoxynivalénol (DON) et 350 ppb pour la zéaralénone pour le maïs brut destiné à être utilisé comme ingrédient de denrées alimentaires.

### 3. Moyens de lutte contre les bio-agresseurs du maïs

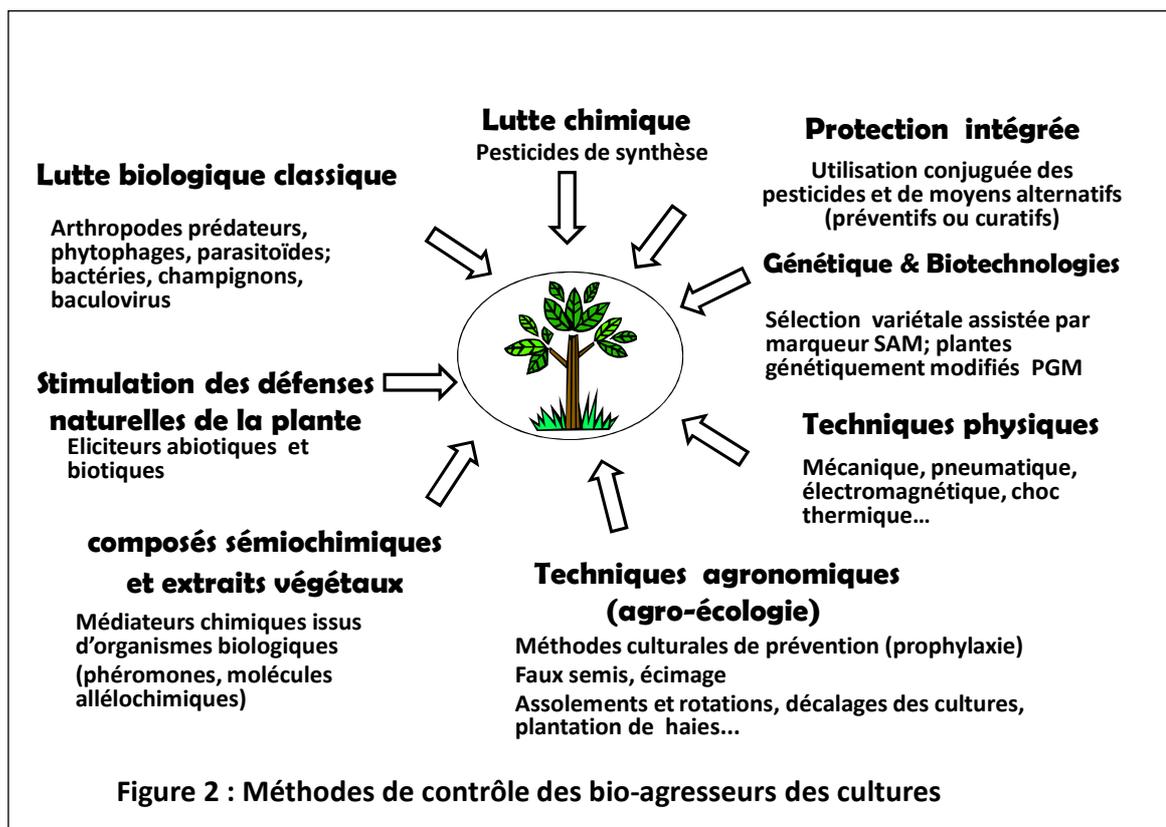
Une vaste palette de méthodes de contrôle des bio-agresseurs du maïs est disponible (figure 2). Sur la culture du maïs en France, se sont développées au cours des dernières années des techniques alliant des approches prophylactiques, la sélection variétale avec une moindre sensibilité aux maladies, la lutte chimique raisonnée, le biocontrôle, et pendant une très courte période la culture du maïs Bt.

#### 3.1. Prophylaxie

La première action prophylactique consiste en un broyage des tiges, qu'accompagnent désouchage et éclatement des pivots rapidement après la récolte afin de limiter la ré-infestation des parcelles d'une année sur l'autre par la pyrale et la sésamie. L'efficacité de la méthode est conditionnée à une action coordonnée et homogène sur de grandes surfaces car les insectes (notamment la sésamie) peuvent parcourir plusieurs kilomètres à la recherche de parcelles attractives pour le dépôt des pontes.

Une autre approche pour limiter les infestations de lépidoptères foreurs consiste à choisir des dates de semis (précoces ou retardées) afin que le développement de la plante et des insectes phytoravageurs ne coïncident pas. Cette démarche est particulièrement pertinente dans les zones où la pyrale est polyvoltine.

Pour limiter les fusarioses et la contamination par les mycotoxines, la démarche prophylactique consiste en la gestion des résidus après récolte, à éviter le stress hydrique (altérations racinaires ou présence de certaines adventices) par l'irrigation en cours de culture, et surtout le choix de variétés peu sensibles.



## 3.2. Biotechnologies

### 3.2.1. Amélioration variétale par SAM (sélection assistée par marquage)

La sélection de variétés résistantes aux maladies est une recherche qui se développe depuis plusieurs dizaines d'années avec des outils de plus en plus efficaces qui permettent d'exploiter la variabilité génétique naturelle de l'espèce en identifiant puis en sélectionnant des gènes impliqués dans la résistance aux maladies et ravageurs. Réalisée pendant plus d'un siècle à partir des méthodes classiques, les biotechnologies ont modifié considérablement les techniques de sélection en raccourcissant les délais d'obtention des variétés. La sélection assistée par marquage (SAM) est un outil puissant pour aider le sélectionneur à localiser les gènes de résistance aux maladies. Elle permet l'identification de régions génomiques impliquées dans la résistance aux pathogènes à l'aide des QTL (Quantitative Trait Loci). L'efficacité de la sélection assistée par marqueurs réside dans la force de l'association entre les marqueurs moléculaires et le caractère recherché. Les études de cartographie des QTL permettent de localiser les loci qui contribuent aux mécanismes de résistance de la plante. Certains sont caractéristiques d'une composante de la résistance ou d'un type de résistance ou d'une méthode d'innoculation. Assembler ces différents allèles (pyramidage) permet d'obtenir ainsi des génotypes qui confèrent aux plantes la capacité à mieux réagir contre l'agression. L'étude cartographique des chevauchements des QTL associés aux phénomènes de résistance et à la variance phénotypique de molécules allélochimiques d'intérêt constitue une étape essentielle de la démarche pour cibler les gènes candidats (Ouellet *et al.* 2005).

À titre d'exemple, Bily *et al.* (2003) ont étudié l'association entre des QTL de facteurs de résistance phytochimiques et des QTL de résistance à la fusariose. La composition en phénylpropanoïdes (DFA : acide diférulique) de la paroi des grains de maïs exhibant des niveaux de résistance les plus élevés ou les plus faibles au pathogène a été analysée. Ces auteurs ont constaté qu'il existe des co-localisations entre les QTL de DFA et des QTL de résistance confirmant ainsi que les DFA pourraient être associés avec la résistance à la fusariose provoquée par *F. graminearum*.

### 3.2.2. Amélioration variétale par transgénèse

Plusieurs types d'événements transgéniques peuvent être insérés dans le génome du maïs. Parmi ceux qui sont commercialisés aujourd'hui, certains confèrent une tolérance à des herbicides totaux (glyphosate, glufosinate), d'autres codent pour la biosynthèse de protéines Cry1Ab qui inhibent l'alimentation des larves de lépidoptères ou de coléoptères phytophages dont les populations diminuent (maïs Bt). La culture du maïs transgénique occupe environ 60 Mha (sur une superficie totale de 177 Mha). Il s'agit de la deuxième superficie derrière le soja (*Glycine max* L.) (James 2013). Alors qu'en France, depuis 2007, aucune culture transgénique n'est autorisée, les superficies de maïs transgéniques n'ont cessé de progresser dans le monde au cours des dix dernières années.

### 3.3. Contrôle phytopharmaceutique

La base de données du Ministère de l'agriculture e-phy (<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>) répertorie les produits phytopharmaceutiques autorisés ou interdits par substances actives, spécialités ou usages. Le catalogue des usages autorisés pour le traitement aérien du maïs contre la pyrale indique 84 spécialités autorisées et 75 pour le traitement de la sésamie (en ligne le 18 mars 2014). Parmi les substances homologuées figurent des substances phytopharmaceutiques de synthèse et des bioinsecticides. Les pyréthrinoïdes de synthèse (cyperméthrine, lambda-cyhalothrine, deltaméthrine, cyfluthrine), puis plus récemment de nouvelles molécules plus sélectives l'indoxacarbe (Milou®, Explicit®) et le chlorantraniliprole (Coragen®, RynaXypyr®), s'inscrivent dans la première catégorie tandis que le spinosad dérivé de toxines sécrétées par une bactérie tellurique, *Saccharopolyspora spinosa*, *Beauveria bassiana*, champignon entomopathogène ou les trichogrammes (micro-hyménoptères) appartiennent à la seconde. Le champignon (Ostrinil®) qui a été supplanté par les trichogrammes car moins efficace, connaît aujourd'hui un regain d'intérêt pour le biocontrôle de *Paysandisia archon* ravageur du palmier. Le biocontrôle réserve ainsi des surprises !

L'utilisation de substances actives à base de *Trichogramma brassicae* représente aujourd'hui un des grands succès de la lutte biologique inondative. Ces micro-guêpes parasitoïdes pondent leurs œufs dans ceux de la pyrale du maïs empêchant le renouvellement des générations. Actuellement ce sont 100 000 à 120 000 ha qui sont traités annuellement par ce bioinsecticide. Les traitements sont particulièrement efficaces dans le Nord-Est de la France peuplé de pyrale univoltine (une seule génération annuelle). Cette spécialité n'est pas active sur sésamie, démontrant ainsi toute la spécificité des produits de biocontrôle.

Tandis que le fongicide tébuconazole (Horizon®) est homologué pour lutter contre la fusariose du blé, il n'existe pas de fongicide homologué pour lutter contre la fusariose du maïs.

## 4. Incidence des différentes technologies de contrôle des bio-agresseurs du maïs sur les teneurs du maïs en mycotoxines

Deux expérimentations ont été réalisées en France de manière concomitante afin de vérifier si le contrôle des deux lépidoptères pyrale et sésamie avait un effet sur les teneurs en mycotoxines observées à la récolte :

– La première a été réalisée à partir d'un relevé de données sur un réseau de parcelles géré par les services de Protection des végétaux du Ministère de l'Agriculture et localisées en Aquitaine, Midi-Pyrénées, Alsace, Lorraine, Franche Comté et Auvergne pour les années 2004, 2005 et 2006. Il a été observé que les traitements par insecticides (pyréthrinoïdes) permettaient de réduire significativement les teneurs en fumonisines B1 et B2, en trichothécènes (DON) et en zéaralénone alors que les fongicides se révélaient peu performants (Folcher et al, 2009).

– La seconde fut réalisée en Midi-Pyrénées en 2005 et 2006. Un réseau de 42 parcelles jumelles a été cultivé avec une lignée de maïs transgénique incluant l'événement Mon 810 et sa contrepartie isogénique. La seule différence entre ces parcelles jumelles était l'événement transgénique, les analyses statistiques ayant vérifié que les autres paramètres (climat, variabilité inter-annuelle des teneurs en mycotoxines) étaient homogènes sur l'ensemble de l'essai. Les résultats indiquent que les lépidoptères sont contrôlés à plus de 99% et qu'une réduction de plus de 90% des teneurs de fumonisines est observée avec le maïs Bt par rapport au maïs conventionnel, et de 50% pour la zéaralénone. En revanche, les teneurs en DON ont augmenté. Sur l'ensemble des deux années, plus de la moitié de la récolte de maïs conventionnel (55%) ne

remplit pas les conditions légales avec des teneurs en fumonisines excédant le seuil réglementaire contre 7% pour le maïs Bt qui contient des teneurs excessives de DON (Folcher et al, 2010).

La technologie transgénique Bt MON 810, protège la plante en biosynthétisant la protéine entomotoxique Cry1A(b). Elle diminue les populations de pyrales et de sésamies et limite de ce fait les possibilités d'installation de la mycoflore toxigène et en conséquence le risque mycotoxine. Ces résultats complètent les observations effectuées dans d'autres parties du monde en Europe centrale ou en Amérique du Nord où toutefois l'augmentation en trichothécènes n'avait pas été observée (Regnault-Roger et Délos, 2011). Outre l'amélioration de la qualité sanitaire de la récolte de maïs, les quantités d'insecticides utilisées pour le contrôle des lépidoptères sont moindres diminuant ainsi le risque lié aux résidus pesticides. Cet effet est particulièrement sensible dans les régions méridionales où les deux lépidoptères foreurs sont polyvoltins. Dans ce contexte, l'utilisation de la technologie MON 810 présente un bénéfice évident.

## 5. Le MON 810 au cœur du débat politico-scientifique français sur les OGM

Depuis plusieurs années, les gouvernements français successifs, refusent la mise en culture de plantes génétiquement modifiées (PGM) en France en avançant des raisons environnementales. Il est donc utile de faire le point sur les raisons évoquées.

En raison de la réglementation européenne actuelle, les Autorités françaises ne peuvent s'y opposer qu'en évoquant la clause de sauvegarde ou mesure d'urgence prévue dans la réglementation, c'est-à-dire en justifiant leur refus par l'existence de risques réels pour la santé et l'environnement. Les instances européennes (Cour de justice de l'Union européenne) ou française (Conseil d'État) ont jusqu'à présent contesté les arguments des moratoires décrétés par le Gouvernement français.

Très récemment, un nouvel *arrêté du 14 mars 2014 interdisant la commercialisation, l'utilisation et la culture des variétés de semences de maïs génétiquement modifié (Zea mays L. lignée MON 810* (NOR : AGRG 1405497A) a été dénoncé par Georges Pelletier, membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie d'agriculture de France. Dans une lettre ouverte du 20 février 2014 au gouvernement français, il a évoqué de « faux arguments scientifiques nouveaux » (Fondapol, 2014). Ainsi l'arrêté cite une publication, celle de **Campagne et al. (2013)** qui décrit un mécanisme de résistance dominante à la toxine Cry1Ab chez l'insecte ravageur *Busseola fusca*. Ce papillon n'étant pas présent en France mais en Afrique subsaharienne, Georges Pelletier souligne que le risque mentionné n'est pas avéré en France.

De la même façon, l'arrêté insiste sur « l'absence de mesures de gestion adéquates » pour prévenir ou limiter « des risques graves pour l'environnement ». La réglementation européenne pour les PGM est l'une des plus sévères au monde. Elle repose sur plusieurs textes : la Directive 2001/18/CE du 12 mars 2001 et les Notes explicatives 2002/811/CE ; les Règlements (CE) No 1829/2003 et 1830/2003 ainsi que les lignes directrices de l'EFSA concernant la post-commercialisation (J. EFSA 2011,9(8), 2316). En France, la loi no 2008-595 relative aux organismes génétiquement modifiés complète le dispositif.

Pour être autorisés dans l'UE, les OGM ne doivent pas avoir des effets négatifs sur la santé humaine, la santé animale ou l'environnement. La surveillance post-commercialisation est obligatoire et les rapports afférents sont examinés par l'EFSA (Agence européenne de sécurité alimentaire) au niveau européen et le Haut Conseil des Biotechnologies (HCB) au niveau français.

Autorisée avant la mise en place de cette réglementation de 2001 sur la base de la réglementation plus ancienne (Directive 90/220), la culture du maïs MON 810 en Europe fait néanmoins l'objet d'une surveillance post-commercialisation volontaire de la part de la société Monsanto qui commercialise l'événement MON 810. Depuis 2005, cette société produit, en se basant sur les requis de la réglementation de 2001, des rapports annuels sur la surveillance spécifique et la surveillance générale dont fait l'objet la culture de ces maïs Bt dans l'Union Européenne.

Cette culture (Tableau 1), qui se situe principalement dans la péninsule ibérique (97% des surfaces cultivées en 2012), est en effet surveillée de la manière suivante. Après qu'un plan d'évaluation d'un risque environnemental ait été établi, une surveillance spécifique est réalisée. Elle vise à observer si des effets non avérés mais prévisibles comme par exemple la survenue d'une éventuelle résistance à la protéine Cry1Ab

qui n'existe pas encore mais qui pourrait se manifester en cas de mauvaises pratiques agricoles. En plus de cette surveillance spécifique, une surveillance générale doit être menée. Elle consiste à rechercher des effets non intentionnels non connus sur des populations non cibles et non identifiées comme cibles potentielles : c'est ce qu'on appelle « *non hypothesis driven* » (sans hypothèse préalable).

La surveillance générale est réalisée au moyen :

- de questionnaires distribués aux fermiers pour signaler des anomalies qui surviendraient dans les parcelles. Les enquêtes sont supervisées par des organismes indépendants de la société Monsanto mais commandités par ses soins ;
- d'une veille bibliographique sur toutes les publications scientifiques mondiales concernant le MON 810 et la protéine Cry1Ab ;
- de réunions d'Informations sur les spécificités de la technologie auprès des opérateurs, des forums, et de publications dans la presse professionnelle (ex : la revue espagnole Phytoma) ;
- d'une étude pour établir des réseaux de surveillance dédiés au niveau européen.

La surveillance spécifique repose sur l'établissement d'une ligne de base de la fréquence des allèles de résistance chez les insectes cibles pour surveiller la survenue d'une résistance à la protéine Cry1Ab. Elle s'accompagne de campagnes d'incitation à créer des zones refuges, c'est-à-dire à positionner une culture simultanée et voisine de variétés transgéniques et conventionnelles afin de favoriser le brassage des allèles de résistance chez les insectes cible.

**Tableau 1 : La culture du maïs Bt MON 810 dans l'Union européenne en 2010 et 2012**

Pays / année	2010	2012
Espagne	84%	90%
Portugal	5,3%	7,1%
République Tchèque	5,1%	2,3%
Roumanie	0,9%	0,168% (217 ha)
Slovaquie	1,4%	0,144%
Pologne	3,3%	-
Total	91 190 ha	123 042 ha (+35%)

Et chaque année, à l'examen de ces rapports, Le Haut Conseil des Biotechnologies qui, depuis sa création en 2009, est en charge de l'examen de ces rapports, conclut que si des améliorations méthodologique ou statistiques seraient nécessaires, « les analyses contenues dans le rapport de surveillance de Monsanto ne font apparaître aucun problème majeur associé à la culture de maïs MON 810 en 2012 » (Haut Conseil des Biotechnologie, 2013).

## Conclusion

Ce bref panorama de la protection phytosanitaire du maïs démontre que cette culture essentielle pour l'humanité se situe plus que jamais au cœur des enjeux phytosanitaires de protection des plantes, que ce soit en matière d'approches technologiques innovantes combinant plusieurs démarches, ou de débats sociétaux et politiques.

**Remerciements :** à Alain Wiessenberger (Chambre d'Agriculture de Région Alsace) et Marc Délos (Ministère de l'Agriculture) pour d'utiles documentations.

### **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- (1) Arrêté du 14 mars 2014 (NOR : AGRG 1405497A) interdisant la commercialisation, l'utilisation et la culture des variétés de semences de maïs génétiquement modifié (*Zea mays* L. lignée MON 810), JORF 15 mars 2014, texte 29/110.
- (2) BILY A., REID L. M., TAYLOR J. H., JOHNSTON D., MALOUIN C., BURT A. J., BAKAN B., REGNAULT-ROGER C., PAULS K. P., ARNASON J. T., PHILOGÈNE B. J. R. 2003. – Dehydrodimers of Ferulic Acid in Maize Grain Pericarp : Resistance Factors to *Fusarium graminearum*. *Phytopathology*, **93**, 712-719.
- (3) CAMPAGNE P., KRUGER M., PASQUET R., LE RU B., VAN DEN BERG J., 2013. – Dominant Inheritance of Field-Evolved Resistance to Bt Corn in *Busseola fusca*. *PLoS ONE* **8**(7), e69675. doi:10.1371/journal.pone.0069675
- (4) FOLCHER L., JARRY M., WEISSENBERGER A., GÉRAULT F., EYCHENNE N., DELOS M., REGNAULT-ROGER C., 2009. – Comparative activity of agrochemical treatments on mycotoxin levels with regard to corn borers and *Fusarium* mycoflora in maize (*Zea mays* L.) fields. *Crop Prot.*, **28**, 302–308.
- (5) FOLCHER L., DELOS M., MARENGE E., JARRY M., WEISENBERGER A., EYCHENNE N., REGNAULT-ROGER C., 2010. – Lower mycotoxin levels in Bt maize grain *Agron .Sustain Dev* **30**,711-719
- (6) Fondapol, 2014. – Lettre de Georges Pelletier, président du Conseil scientifique de l'Association Française des Biotechnologies Végétales. <http://www.fondapol.org/debats/lettre-de-georges-pelletier-president-du-conseil-scientifique-de-lassociation-francaise-des-biotechnologies-vegetales/>
- (7) Haut Conseil des Biotechnologies (2013). Commentaires sur le rapport de surveillance de culture du MON 810 en 2012, avis du 8 novembre 2013 <http://www.hautconseil-des-biotechnologies.fr/>
- (8) JAMES C., 2013. – ISAAA Report on Global Status of Biotech/GM Crops, <http://www.isaaa.org> [en ligne 21/03/14].
- (9) OUELLET T., HARRIS L., GLEDDIE S., BELZILE F., 2005. – Génomiques structurale et fonctionnelle appliquées à la lutte phytosanitaire : le cas de la fusariose de l'épi chez les céréales. p 733-747 In : *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*, C.Regnault-Roger (dir), Lavoisier, Paris
- (10) REGNAULT-ROGER C, Délos M, 2011. – L'intérêt des plantes génétiquement modifiées (PGM) pour la qualité des productions agricoles : le maïs Bt, p 200-211, In : *Biotechnologies végétales* A.Ricroch, Y.Dattée, M.Fellous (dir), Vuibert, Paris.
- (11) WEISSENBERGER A., IOOS R., FOLCHER L., REGNAULT-ROGER C., ROSE S., GERAULT F., EYCHENNE N., DELOS M., 2006. – Mycotoxines en maïs : état des lieux en France et premiers éléments de gestion ; *Actes 8ème conférence internationale sur les maladies des plantes*, AFPP, Tours 5-6 décembre, CD Rom ISBN 2-905550-07-4

## CONCLUSION

### ACTUALITÉ DU MAÏS

par André Neveu<sup>1</sup>

À partir d'approches très différentes mais complémentaires, nos intervenants de cette après-midi nous ont montré l'importance considérable de la culture du maïs, de son potentiel de croissance et de la variété des systèmes de production dans lesquels elle peut s'intégrer. Il est vrai aussi qu'au cours de cette trop courte séance, nous n'avons pas pu entendre ceux qui à l'inverse, ne cessent pas de critiquer cette culture.

#### **Alors le maïs, plante miracle ou culture qu'il faut accabler de tous les maux ?**

Nos intervenants nous ont bien montré que le maïs a connu la faveur d'un très grand nombre d'agriculteurs dans le monde. D'ailleurs, au cours du dernier demi-siècle ; la superficie ensemencée est passée de 106 millions d'hectares en 1961 à 170 millions en 2011. Et cet engouement est justifié car,

- Les rendements moyens ont progressé sur cette période, de moins de 20 quintaux par hectares (19,4) à plus de 50 (51,8) soit une augmentation de 167%. Et ces rendements continuent de croître à un rythme rapide de 0,60 quintaux par hectare et par an. Une bonne part de cet accroissement résulte du progrès génétique, avec les maïs hybrides dans les années 1960 et la transgénèse ces dernières années,
- Le maïs est bien adapté aux climats chauds et humides mais offre aussi une bonne réponse à l'irrigation. C'est également une plante d'une grande souplesse qui peut facilement s'intégrer dans un assolement ou être cultivée en monoculture,
- Enfin le maïs est consommé par les hommes aussi bien que par les animaux. Et pour ceux-ci, être au choix utilisé comme fourrage après ensilage, ou récolté en grain pour être ultérieurement consommé sous forme d'aliment concentré. Le maïs a encore bien d'autres usages dans des domaines très divers.

#### **Face à de tels atouts, pourquoi le maïs fait-il l'objet de si violentes critiques ?**

- Certes, il exige des apports d'engrais et de produits phytosanitaires conséquents mais à la hauteur des rendements espérés et des nombreux parasites qui attaquent cette plante. A ce titre, il participe donc au développement d'une agriculture intensive qui présente bien des avantages mais aussi quelques inconvénients. Par exemple, le maïs laisse les sols nus en hiver, avec un risque d'érosion superficielle et d'infiltration des engrais et des produits phytosanitaires dans la nappe phréatique. Mais il existe maintenant des techniques agronomiques pour réduire ce risque,

---

<sup>1</sup> 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.

- 
- C'est aussi une source de matière première pour le bioéthanol, notamment aux Etats-Unis où plus de 130 millions de tonnes (sur 350 à 400 millions de tonnes) lui sont affectés. C'est évidemment autant de moins qui ne sont pas destinés à l'alimentation humaine (ou plus souvent animale). Ce prélèvement n'est pas étranger à l'augmentation des prix du maïs (et peut-être de l'ensemble des céréales) sur les marchés internationaux au cours de ces dernières années. Mais il a aussi contribué au soutien des revenus des fermiers américains et de quelques autres,
  - On peut aussi accuser le maïs d'être un des champions des cultures génétiquement modifiées puisque dans le monde 57,4 millions d'hectares sont des maïs OGM (sur au total 175 millions d'hectares de plantes génétiquement modifiées dans le monde). Et de ce point de vue, l'Europe apparaît un peu comme une forteresse assiégée avec déjà quelques poternes qui s'entrouvrent, en particulier en Espagne. Or pour certains, planter du maïs OGM, c'est, peu ou prou, soutenir le quasi monopole de l'entreprise Monsanto,
  - Enfin le maïs constitue, avec le soja, la principale matière première d'une production de viande. Mais on sait aussi que l'extension partout dans le monde du modèle de consommation carné occidental n'est pas soutenable à terme, et qu'il faudra bien y renoncer tôt ou tard.

**En conclusion, je dois avouer que, pour ma part, je ne suis pas un « amoureux » inconditionnel du maïs. Car mes attaches beauceronnes me conduisent plus à être fidèle au bon pain de froment qu'à la polenta italienne. Mais je reconnais à cette plante bien des qualités qui, dans un monde où les besoins alimentaires vont considérablement augmenter, constituent un atout très important et qu'il n'est pas question de sacrifier.**



## AGRICULTURE FAMILIALE AU SUD DU BRÉSIL : UN EXEMPLE DE COEXISTENCE AVEC LE MODÈLE DE L'AGROBUSINESS

Dr Danilo **Rheinheimer dos Santos**<sup>1</sup>

Au Sud du Brésil et notamment au Rio Grande do Sul l'agriculture familiale s'est développée suivant un modèle assez équitable. À l'origine, entre le XVI<sup>e</sup> et le XVIII<sup>e</sup> siècle l'Espagne et le Portugal se sont disputés les terres. Ce n'est qu'en 1801 que la frontière entre le Brésil, l'Uruguay et l'Argentine a été définitivement fixée. Le territoire de l'État est limité à l'est par la côte atlantique et à l'ouest par les grandes plaines. Dès le départ les terres des plaines ont été confiées à quelques amis du Roi de Portugal et dédiées à l'élevage bovin (qui persiste jusqu'à aujourd'hui). En 1822, afin d'occuper les espaces vides au Sud, le gouvernement a fait venir d'Europe des agriculteurs avec une immigration différente des esclaves noirs (Région Nordeste et Sud-est). Entre 1824 à 1914 environ 50.000 allemands ont migré (aujourd'hui 5 millions de descendants) et entre 1875 à 1914 plus que 300.000 italiens s'installèrent au Sud et Sud-est (30 millions en 2013). Beaucoup d'entre eux n'étaient pas agriculteurs, mais artisans, maçons, maréchaux-ferrants, etc. C'est à partir de cette population que l'agriculture familiale est née au Brésil, le long de grandes rivières et dans les régions montagneuses (forêt Mata Atlântica), mais sans avoir accès aux grandes surfaces de la Pampa occupée par les portugais.

Cette immigration, inventive et très attachée à la petite industrie et à la fabrication d'outils, a donné naissance à un artisanat puis à une véritable industrie. Aujourd'hui plus que 65% de la production de machines agricoles produites au Brésil vient du Rio Grande do Sul. Ces entreprises peuvent maintenant être rattachées à des groupes internationaux, comme par exemple, la marque française Kuhn qui s'est récemment associée à un groupe historique de production d'équipements agricoles.

Jusqu'aux années 1970 l'occupation de l'intérieur du Sud Brésilien s'est étendue sur la base des colonies d'environ 25 ha distribuées autour de petits villages. A cette époque le gouvernement, sur le modèle de la révolution verte, a accordé un financement spécial pour acquérir machines, fertilisants chimiques, pesticides et semences. Cette agriculture familiale emploie à ce jour de nombreux jeunes et participe pour plus de 90% à l'achat des machines produites au Brésil. L'augmentation de la productivité et l'accroissement de la taille des exploitations a cependant engendré un exode du milieu rural vers les grandes et moyennes villes. Aujourd'hui encore il subsiste des agriculteurs familiaux pauvres à côté d'autres plus riches, mais aussi plus innovants. Afin de limiter les dégradations des sols ce sont eux qui ont été à l'origine du développement du semis direct adaptée aux cultures de soja et de maïs.

Entre l'agriculture familiale et l'agriculture industrielle des grandes plaines (agrobusiness) des conflits sont apparus du fait du manque de protection des petits exploitants face à de grands propriétaires qui souhaitaient récupérer les terres. Pour faire face à des mouvements sociaux (Mouvement des Sans Terre, MST, spécialement) le gouvernement a investi en direction des agriculteurs familiaux, en créant en 1996 le PRONAF pour attribuer des terres et en 2006 avec la loi sur l'agriculture familiale.

De 2003 à 2013 les financements du gouvernement fédéral ont été multipliés par 20. De fait, globalement, il ne manque pas d'argent pour la modernisation des exploitations moyennes et pour l'amélioration de conditions de vie en milieu rural.

---

<sup>1</sup> Correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Professeur à l'Université Fédérale de Santa Maria et Directeur de la Fondation pour la Recherche Agronomique, Rio Grande do Sul, Brésil.  
**C.R.Acad. Agric. Fr., 2014, 100, n°2. Séance du 26 mars.**

---

En 2013, moins que 20% de la population vit encore à la campagne. Dans la dernière décade, malgré la politique socio-économique (Bolsa Familia, Minha Casa Minha Vida, Pronatec, etc) et du fait de la disponibilité d'emplois dans l'industrie et le secteur tertiaire (chômage < 5%), l'exode rural s'est intensifié. Le processus de Réforme Agraire ne compense pas la migration vers les villes. Il existe aussi des problèmes assez sérieux pour assurer la succession des propriétés.

L'agriculture familiale au Sud du Brésil assure plus de 80% de la production des aliments du pays. Au Sud l'élevage de poulet et du porc représentent plus de 95% de la production brésilienne et presque 100% provient des agriculteurs familiaux. Les cultures fruitières, horticoles et le tabac sont aussi produits à 100% produits par les petits paysans. Les fermes de polyculture-élevage consomment ce qu'elles produisent notamment en céréales et oléagineux, contrairement à ce qui se fait ailleurs où la matière première est exportée. Ce système diversifié apparaît beaucoup plus performant pour la protection des milieux et est mieux adapté à des zones difficiles ou marginales. Les systèmes de cultures et de gestion des exploitations sont très variables, mais si on le compare à d'autres régions du Brésil les agriculteurs sont plus riches, mieux formés et mieux organisés. Ces agriculteurs valorisant sur place leurs produits, la valeur ajoutée de la production est supérieure à celles des grandes propriétés dédiées à la monoculture.

Au sud du Brésil l'hétérogénéité des exploitations va de systèmes totalement organiques (agriculture biologique) jusqu'au système de culture totalement OGM. Cette grande variété d'exploitations est à l'origine d'une très grande créativité avec des productions jusque là inconnues au Brésil comme celles des petits fruits. Elle répond aussi à une demande croissante d'une société de plus en plus urbaine et nombreuse.

Aujourd'hui se posent de nouvelles questions. Sous climat tropical le semis direct a été un succès et a permis de lutter contre l'érosion des sols. Mais la concentration des élevages hors sols conduit à une pollution croissante des nappes souterraines, parfois supérieure à celle de la périphérie des grandes villes. L'emploi systématique de désherbants chimiques comme le glyphosate contribue à un autre type de pollution des nappes souterraines et se traduit avec le temps par une résistance accélérée des plantes adventices aux herbicides, mais aussi des insectes dans le cas de plantes OGM. Il devient important d'avoir une réflexion d'ensemble et à moyen terme sur les pratiques et par delà sur le modèle d'agriculture brésilien pour assurer son avenir.

## INCERTITUDES SUR LE CLIMAT

par Katia Laval<sup>1</sup>

Pourquoi la connaissance du climat et du changement climatique, provoque-t-elle tant de controverses ? Dans ces querelles, il y a une composante économique, et politique, bien sur. Mais que peut-on dire du point de vue scientifique ?

Certaines conséquences de l'accroissement de la teneur des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère sur le climat sont parfaitement expliquées. Le fait que le dioxyde de carbone augmente dans l'atmosphère est indéniable ; que cette modification de l'atmosphère change le rayonnement atmosphérique ne fait pas de doute (et l'on sait quantifier cet effet) ; que cette variation réchauffe la surface est aussi incontestable.

En revanche, certaines conséquences sont mal connues et affectées d'incertitudes qui peuvent provoquer des polémiques. En particulier, les variations de température régionale sont moins bien évaluées.

De plus, le changement climatique évoque, dans l'imaginaire de chacun, différents phénomènes, certains plus redoutables que d'autres. C'est le cas du bouleversement de la pluviométrie, de l'accroissement planétaire des sécheresses, ou encore de l'augmentation en violence ou en fréquence des cyclones et des tempêtes. J'insisterai sur les incertitudes qui affectent ces évaluations, et en particulier en insistant sur deux exemples.

Le premier concerne les changements de précipitation, et plus particulièrement sur les régions de moyenne latitude. Les modèles climatiques ont pour résultat un déplacement des zones pluvieuses vers les pôles ; pour l'hémisphère Nord, cela correspond à une augmentation de précipitations sur la Scandinavie, et une réduction sur la zone Méditerranéenne. Que peut-on en déduire sur les effets régionaux ? Que peut-on dire de l'évolution des pluies en France ?

L'autre exemple est celui des sécheresses. Quelle sera l'évolution des sécheresses dans les différentes régions, les zones tropicales, ou les zones de moyennes latitudes ? Quelle est la qualité de leur représentation dans les Modèles de climat ?

---

<sup>1</sup> Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur émérite à l'Université Pierre et Marie Curie.



## FREINS ET LEVIERS DE LA DIVERSIFICATION DES SYSTÈMES DE CULTURE

Les dernières décennies (voir séance sur l'historique des systèmes de culture) ont été marquées par une spécialisation des grands bassins de production et une réduction de la diversité des espèces au sein des régions. Or, différentes études ou expertises ont souligné le rôle important que peut jouer la diversification des cultures au sein des exploitations agricoles dans l'accompagnement des objectifs de réduction de l'usage des intrants, tout en maintenant un niveau élevé de productivité. Compte tenu de la standardisation des systèmes de production, leur diversification ne peut s'envisager uniquement sous le seul prisme de sa faisabilité à l'échelle de l'exploitation agricole : les contraintes réglementaires, la compétitivité de ces cultures, le manque d'investissement de la recherche, l'organisation des filières avec leurs contraintes et leurs normes de qualité ou la disponibilité d'un conseil adapté, constituent autant de freins qui ne peuvent être traités isolément.

L'objectif de la séance sur ce sujet est de faire le point sur les travaux qui visent à identifier les freins de toutes natures à la diversification, à présenter les leviers et les modalités permettant de faciliter l'insertion dans les assolements d'un plus grand nombre d'espèces cultivées et à discuter des implications pour les politiques publiques.

### LA DIVERSIFICATION POUR L'ALIMENTATION DU BÉTAIL

Présentation par Marie-Benoît **Magrini**<sup>1</sup>

Cette communication traite des conditions de réussite d'une diversification des cultures pour la fabrication d'aliments du bétail.

Le processus d'intensification des élevages, entamé dans les années 1970, s'est accompagné d'un développement croissant du recours aux aliments dits « composés », fabriqués à partir de différentes matières premières pour la plupart d'origine végétale. Les pratiques de la formulation des fabricants d'aliments composés, fondées sur une très forte substituabilité des matières premières, génèrent une concurrence très forte entre ces commodités. Dans un tel contexte de marché, la valorisation de certaines espèces repose sur des mécanismes permettant de contourner ou de s'affranchir de cette concurrence, mais dont l'efficacité reste fortement dépendante de l'organisation des acteurs au sein des filières. À partir de la comparaison des filières pois et lin, nous montrons ainsi qu'au-delà de la reconnaissance de propriétés nutritionnelles spécifiques pouvant valoriser différemment certaines espèces, la coordination des acteurs le long d'une filière est déterminante dans la diffusion des incitations économiques et informationnelles nécessaires à une orientation des agriculteurs en faveur d'espèces de diversification d'intérêt agro-écologique.

---

<sup>1</sup> Économiste, INRA Toulouse.

C.R.Acad. Agric. Fr., 2014, 100, n°2. Séance du 2 avril.

## LA DIVERSIFICATION À L'ÉCHELLE DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

Témoignage de Quentin **Delachapelle**<sup>1</sup>

Je me suis installé en 2008 sur une ferme en polycultures de 160 ha située en limite Est du Bassin Parisien avec un tiers du parcellaire en Champagne Crayeuse et le reste en zone intermédiaire. J'ai été confronté à ce moment à des problèmes techniques liés au désherbage (apparition de graminées résistantes aux matières actives, pression d'adventices très importantes dans des parcelles en monoculture). L'exploitation était déjà relativement diversifiée, avec 7 cultures différentes (luzerne, betterave, maïs, blé, orges printemps/hiver, colza), mais cette diversité n'était pas transposée à l'échelle de la rotation puisque les cultures étaient orientées sur les parcelles correspondant à leur meilleur potentiel pour chaque culture (une même parcelle recevait donc de 1 à 4 cultures différentes dans sa rotation).

Ayant la volonté de diminuer ma dépendance aux intrants, et de résoudre les impasses constatées lors de mon installation, j'ai fait le choix de répartir différemment les cultures afin d'élargir les parcelles susceptibles de recevoir chacune d'elles et d'introduire de nouvelles cultures (chanvre et protéagineux) me permettant d'allonger la rotation tout en diminuant ma consommation d'engrais. Ce choix a été conforté par une série d'aléas climatiques et économiques les années suivantes.

Le système actuel comporte donc de 9 à 10 cultures avec 6 à 7 cultures différentes par rotation avec en complément des engrais verts en mélanges sur chaque interculture longue. Cette stratégie répond à plusieurs objectifs:

- diminuer la consommation d'azote minéral par l'introduction de légumineuses,
- d'améliorer la disponibilité des éléments minéraux du sol par une diversité de système racinaire permettant d'explorer au maximum les réserves du sol,
- étaler les périodes de travaux (semis, récolte),
- diminuer le développement de pathogènes (maladies et adventices principalement),
- améliorer la résilience face aux aléas climatiques et économiques.

Les principales difficultés rencontrées ne sont pas forcément sur la question des débouchés puisque je suis dans une région où l'offre de valorisation est relativement diversifiée et peine souvent, dans le cas des productions intéressantes pour l'économie d'intrants, à trouver des producteurs (ex: luzerne et chanvre). Le problème est donc principalement dans l'équipement matériel spécifique qui peut être nécessaire pour ces cultures lorsque l'on est seul producteur d'une culture dans un rayon permettant l'équipement en commun. Les références techniques et économiques sur les modalités de mise en œuvre d'une rotation diversifiées dans une perspective de réduction d'intrants sont également difficilement accessible au niveau local et implique pour l'agriculteur qui fait ce choix de construire ses propres références. Le fait de s'inscrire dans une dynamique collective afin de confronter ses résultats et expériences à d'autres collègues est donc essentiel pour éviter les échecs. Mais force est de constater, après quelques années de mise en pratique et de comparaison avec les systèmes locaux classiques, que cette stratégie semble bien adaptée aux objectifs poursuivis.

---

<sup>1</sup> Agriculteur dans la Marne, membre du Conseil d'administration de la FNCIVAM et membre du Réseau Agriculture Durable (RAD).

## **LEVIERS POUR LA DIVERSIFICATION DES CULTURES : SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE RÉALISÉE PAR L'INRA POUR LES MINISTÈRES EN CHARGE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ÉCOLOGIE.**

par Jean-Marc Meynard<sup>1</sup>

La diversification des cultures est souvent présentée comme un moyen d'accroître la durabilité des systèmes de production agricoles. Bien raisonnée, elle favorise en effet une réduction de l'usage d'intrants extérieurs à l'exploitation – pesticides, engrais, eau – et des nuisances environnementales associées à leur utilisation excessive. Cependant, malgré son intérêt pour les systèmes de production en termes de durabilité écologique mais aussi économique (répartition des risques), et son inscription dans divers plans et dispositifs incitatifs, la diversification des cultures progresse peu. Les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement ont donc commandé à l'INRA une étude visant à identifier les freins à la diversification des cultures en France et les leviers mobilisables, par les pouvoirs publics notamment, pour la favoriser. L'hypothèse de travail est que ces freins relèvent du fonctionnement global du système agro-industriel, et de la capacité de développement de filières valorisant les cultures de diversification. L'étude a examiné douze cas représentatifs de la diversité des filières et notamment de leurs modes d'organisation, qui déterminent la coordination et l'engagement des acteurs économiques impliqués dans le développement d'une culture de diversification.

Sur la base de ces cas, l'étude conclut que tout chemin vers la diversification repose nécessairement sur la mobilisation simultanée et organisée de nombreux acteurs. Pour impulser ou faciliter cette mobilisation, l'action publique doit être raisonnée de manière systémique, et combiner différentes mesures complémentaires visant à infléchir les stratégies de différents acteurs et les coordinations entre eux. Compte tenu des nombreuses interdépendances et sources de verrouillages que souligne l'étude, les séduisantes simplifications du type « un problème, une solution » ou « un objectif de politique publique, un instrument » n'ont plus cours. En nous appuyant sur la théorie des transitions sociotechniques (Geels, 2002), nous proposons de mobiliser simultanément et de manière coordonnée deux grandes catégories de leviers :

- soutenir le développement de filières pour des cultures aujourd'hui mineures, en favorisant l'innovation (génétique, agronomique, technologique) et la coordination des acteurs. Ces filières seront des lieux de réalisation des processus d'apprentissage et de construction de nouveaux réseaux économiques ;
- inciter le régime sociotechnique standard à évoluer, à ouvrir des fenêtres d'opportunité, à la faveur desquelles certaines filières de diversification pourront se développer et dépasser le statut de niche, voire s'hybrider avec le régime standard en contribuant ainsi à son évolution.

---

<sup>1</sup> Correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, Directeur de Recherche hors Classe à l'INRA – Département Sciences pour l'Action et le Développement, Campus de Grignon, 78850 Thiverval-Grignon.



## INSECTES RAVAGEURS EN AGRICULTURE ET METHODES INNOVANTES POUR LEUR MAITRISE

### INTRODUCTION

par Jean-Louis **Bernard**<sup>1</sup>

Au niveau mondial, les pertes occasionnées au champ par les ravageurs (insectes et acariens principalement) représentent près de 18% de la production potentielle des cultures (OERKE, 2006). En aval des chantiers de récolte, toutes les filières de la production végétale s'efforcent par ailleurs de prévenir la survenue de dommages quantitatifs et qualitatifs liés aux ravageurs et ce, tout au long des opérations de stockage, de transport, de transformation et jusqu'à l'étalage des distributeurs. Pour un territoire donné, cette protection doit prendre en compte tout à la fois les ravageurs indigènes ou installés de longue date, les populations devenues résistantes à des insecticides mais encore de nouvelles espèces envahissantes, des ravageurs re-émergents ou ceux qui, considérés comme secondaires, redeviennent importants à la faveur de modifications dans les stratégies de lutte antérieurement appliquées. Pour apporter un regard nouveau sur ces problèmes, nous avons choisi tout d'abord de décrire certaines évolutions récentes dans la panoplie des moyens de lutte directe disponibles, puis de signaler les principales mesures indirectes de protection dont les agriculteurs se saisissent ou souhaiteraient se saisir. Nous aborderons ensuite le délicat problème des ravageurs envahissants, des mesures de régulation existantes, des difficultés que nous rencontrons pour empêcher les introductions dommageables et pour les contrôler par la suite. Enfin, nous terminerons en décrivant un projet entièrement nouveau pour la France, basé sur la lutte autocide.

---

<sup>1</sup> Membre de l'Académie d'Agriculture de France. Consultant Agriculture-Protection des plantes-Environnement. **C.R.Acad. Agric. Fr., 2014, 100, n°100. Séance du 9 avril.**

## INNOVATIONS, MÉTHODES ALTERNATIVES ET COMPLÉMENTAIRES : QUELLES PISTES DANS UN AVENIR PROCHE POUR PROTÉGER LES CULTURES DES RAVAGEURS ?

par Jean-Louis **Bernard**<sup>1</sup>

Au cours de la dernière décennie, la protection des cultures contre les ravageurs a connu de profonds changements qui augurent d'une transformation profonde des moyens et des méthodes utilisables.

En matière de **lutte directe**, les insecticides, anciens ou nouveaux, ont évolué à marche forcée. Les retraits consécutifs aux réglementations européennes et le flux de l'innovation, ralenti mais persistant, ont conduit à une amélioration considérable de la pharmacopée, tant au niveau des caractéristiques toxicologiques que de la réduction de l'impact environnemental potentiel. Globalement, on assiste aussi à une diminution très forte des quantités de substances actives insecticides employées par l'agriculture. Cependant, la panoplie des solutions disponibles voit stagner, voire régresser, le nombre des substances actives minérales ou extraites de végétaux ; en opposition avec l'apparition de nombreux moyens de biocontrôle, la diversification des produits de synthèse et l'explosion du nombre des auxiliaires mis en marché. Une large part des moyens de lutte directe repose toutefois sur un faible nombre de sites d'action qu'il faudra gérer avec attention pour éviter la multiplication des résistances.

Par ailleurs, la vulgarisation des phéromones de synthèse favorise l'expansion de la confusion sexuelle dans les vignes et les vergers, ainsi que le renouveau du piégeage de masse sous abri. Pour ces dernières cultures, l'emploi des arthropodes auxiliaires en lâcher inondatif est devenu ordinaire. Mais hormis les trichogrammes contre la pyrale du maïs, cette technique demeure encore marginale en plein air, en particulier contre des ravageurs indigènes. L'arrivée sur le marché de nouveaux insecticides biologiques offre de nouvelles possibilités et il est probable que nous n'en sommes qu'au début de leur développement. Il existe aussi un renouveau d'intérêt pour les méthodes physiques de protection, en particulier dans les serres, pour certaines cultures spécialisées et le stockage des grains.

En ce qui concerne les **mesures de lutte indirecte** contre les ravageurs, des évolutions très intéressantes sont à souligner. En particulier au travers d'un renouveau de l'attention des professionnels agricoles pour gérer les nuisibles en s'appuyant sur des domaines tels que les rotations, la longueur du cycle des cultures et l'assolement ; de leur intérêt croissant pour le choix de variétés moins sensibles à l'action des ravageurs ; d'une prise de conscience de l'importance du paysage agricole pour favoriser les auxiliaires ; d'un regain d'intérêt pour les plantes-pièges avec des questionnements sur la possibilité de les utiliser dans l'interculture.

---

<sup>1</sup> Membre de l'Académie d'Agriculture de France. Consultant Agriculture-Protection des plantes-Environnement.

## LES RAVAGEURS D'INTRODUCTION RÉCENTE OU RE-ÉMERGENTS ET LES MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR LEUR CONTRÔLE

par Marc Délos<sup>1</sup>

La dépendance de l'Europe par rapport à l'importation de produits végétaux de toutes les autres parties du monde, la position de carrefour de différents pays de l'UE dans ces échanges, la mobilité importante de sa population et son climat diversifié exposent l'ensemble du territoire de l'Union à **l'introduction et à l'installation de nouvelles espèces de ravageurs des plantes**.

Sur 130 espèces acclimatées en 60 ans en Italie<sup>2</sup>, 79 s'attaquent aux plantes ornementales, 38 espèces aux ligneux, 16 espèces aux agrumes, 15 espèces aux plantes légumières, 14 espèces aux arbres fruitiers et à la vigne. Mise à part l'espèce emblématique *Diabrotica virgifera virgifera*, les grandes cultures restent relativement épargnées vis-à-vis de ce risque... Avec 64% des espèces introduites, les Hémiptères (pucerons et cochenilles) arrivent largement en tête. L'introduction des ravageurs depuis l'étranger est en général liée à l'importation de la plante support trophique végétal : plante vivante ou parties de la plante autres que les graines, d'où la surreprésentation des espèces ornementales.

Le paradoxe veut que les pays fondateurs de l'Union européenne aient été historiquement les premiers à adopter une réglementation de quarantaine végétale au début du XX<sup>e</sup> siècle. Les difficultés structurelles pour suivre toutes les importations, un désintérêt vis-à-vis du risque lié au tourisme et le manque d'homogénéité dans les méthodes de contrôle aux frontières expliquent les performances médiocres en matière de **prévention**. Le meilleur allié des services phytosanitaires reste le **climat**. Plus rigoureux dans la partie nord de l'Union, il limite un grand nombre des espèces tropicales introduites dans la zone sud de l'UE ou dans les milieux confinés de la partie nord. Le dispositif de **passport sanitaire végétal** est dans ces conditions un moyen efficace pour contrôler la circulation des espèces de ravageurs tropicaux, les plus nombreuses. La plupart des tentatives d'**éradication** se sont traduites par des échecs et le **confinement** n'est possible que pour des ravageurs limités à de tels milieux.

Pour les ravageurs installés, lorsque le climat et le contexte de culture le permettent, la gestion passe alors par la **lutte chimique**. Les **méthodes indirectes** sont en général moins performantes sur les ravageurs, notamment ceux introduits, qu'elles ne le sont pour lutter contre les maladies. Quelques trop rares exemples de belles réussites existent pour des moyens de **lutte biologique** avec l'introduction et l'acclimatation d'espèces auxiliaires performantes.

Le cas des **ravageurs ré-émergents** est symétrique à celui des ravageurs introduits. Les grandes cultures sont très concernées avec de nombreuses espèces qui semblaient durablement contrôlées et qui posent à nouveau problème. Les explications de ce retour au premier plan pour certains organismes, jugés peu préoccupants depuis 1950, tiennent souvent à **l'interdiction de familles d'insecticides** très performantes, lindane pour les taupins et les hannetons, organophosphorés pour les cochenilles des arbres fruitiers, mais aussi à des **changements dans les méthodes de culture**, rotation ou développement du non labour des cultures pour l'aiguillonier du blé, espèce prise parmi d'autres comme exemple. Des innovations sont alors nécessaires pour assurer à nouveau leur contrôle et remplacer les anciens moyens de contrôles désormais interdits ou abandonnés.

<sup>1</sup> Correspondant de l'Académie d'Agriculture de France. Expert Grandes Cultures et Biotechnologies végétales, DRAAF- SRAI Toulouse.

<sup>2</sup> <http://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2009/20093018165.pdf>

## LE CONTRÔLE AUTOCIDE DES INSECTES RAVAGEURS DE GRANDE DIMENSION. UNE MÉTHODE EFFICACE ET DURABLE EN DÉVELOPPEMENT RAPIDE

par Bernard J. Blum<sup>1</sup>

Découverte dès les années 30 et précisée au cours du temps par différents entomologistes, la méthode du contrôle autocide des insectes ravageurs par lâcher d'insectes stériles, a été employée pour la première fois et avec succès pour éradiquer la lucilie bouchère (*Cochliomyia hominivorax* (Coquerel)) d'abord au Mexique et aux États Unis, puis en Lybie à la fin des années 80.

Après un bref exposé des techniques de stérilisation actuellement disponibles (incompatibilité cytoplasmique, modification génétique, ionisation), trois exemples d'applications actuelles sont présentés : le programme USDA de prévention contre la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*) en Floride et Californie, le programme Fruiful Valley en Jordanie et le programme OKSIR au Canada.

Alors que les besoins actuels de méthodes efficaces, sûres et économiques sont conséquents, le projet Regio Biocontrôle entend développer une méthode intégrée de maîtrise d'importants ravageurs invasifs et endémiques. Le projet entrepris par un consortium d'organisations publiques et privées (industries), devrait conduire à des gains importants pour les producteurs de fruits et à la création en France, d'une nouvelle industrie du phytosanitaire pouvant se développer à l'international.

---

<sup>1</sup> Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France

## CONCLUSION

par Charles **Descoins**<sup>1</sup>

Pendant une grande partie du 20<sup>e</sup> siècle, pesticides et protection des cultures ont été confondus : force est de constater qu'ils ont été et restent encore le moyen indispensable, voire incontournable, pour combattre les pullulations de ravageurs endémiques ou freiner l'extension de nouvelles espèces envahissantes dont le nombre ne cesse de croître compte-tenu de l'intensification des échanges internationaux et des mouvements de populations qui rend les contrôles sanitaires de plus en plus aléatoires.

Grâce à de gros investissements en R&D, les industriels du phytosanitaire ont été en mesure de proposer aux agriculteurs une gamme de spécialités à base de nouvelles matières actives de plus en plus efficaces, présentant, par rapport aux anciennes, de meilleurs profils toxicologiques et de moindres risques pour l'environnement.

Malgré ce bilan largement positif, leur utilisation répétée a favorisé l'apparition de résistances et le risque de retrouver leurs résidus ou leurs métabolites dans les différents compartiments de la biosphère et dans notre alimentation a suscité de nombreuses critiques plus ou moins justifiées.

Elles ont eu cependant un effet positif en favorisant le développement de nouvelles méthodes de lutte, souvent regroupées sous le terme de « méthodes alternatives » essentiellement à base d'agents biologiques, capables de se substituer à la lutte chimique ou, le plus souvent, à en limiter l'usage. Cette tendance, fortement encouragée par les pouvoirs publics (plan Ecophyto), s'intègre parfaitement dans le concept actuel de protection intégrée des cultures.

Un bilan complet des solutions alternatives de lutte proposées aux agriculteurs, leurs difficultés de mise en œuvre, leurs avantages mais aussi leurs inconvénients nous a été présenté.

Qu'il s'agisse de phéromones, de macro-organismes (insectes entomophages) ou de micro-organismes entrant dans la composition des « Biopesticides » (bactéries, virus ou champignons), beaucoup d'entre eux sont issus de la recherche académique qui pendant de nombreuses années a cherché à les développer sans susciter beaucoup d'intérêt de la part des industriels. Ils leur reprochaient leur non « brevetabilité », leur trop grande spécificité, une efficacité pas toujours suffisante, des modes de préparation très différents de leur savoir-faire et une réglementation hésitante.

Avec le temps, la majorité de ces obstacles a été franchie et on trouve maintenant dans le commerce la plupart des auxiliaires entrant dans les stratégies de lutte biologique. Dans plusieurs situations, elle a même remplacé complètement la lutte chimique en cultures protégées, mais reste encore d'un emploi limité en milieux ouverts et en grandes cultures. De nombreux « biopesticides » sont inscrits maintenant au catalogue des spécialités proposées par les firmes et leur emploi progresse régulièrement. Mais n'oublions pas qu'il a fallu presque un siècle pour assurer un développement industriel, à l'échelle mondiale, des différentes souches de BT.

---

<sup>1</sup> Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Directeur de recherche honoraire de l'INRA.  
C.R.Acad. Agric. Fr., 2014, 100, n°2. Séance du 9 avril.

De nombreux travaux en R&D restent encore à faire pour que ces méthodes cessent d'être marginales. La recherche académique aura toujours un rôle essentiel à jouer et il est regrettable qu'elle ne l'affiche plus dans ses priorités.

Enfin, parmi les autres méthodes de biocontrôle disponibles, la lutte autocide par lâchers inondatifs de mâles stériles s'est révélée, dans plusieurs cas, particulièrement efficace.

Limitée d'abord à la lutte contre les diptères vecteurs de maladies en régions chaudes, elle a été récemment étendue à plusieurs ravageurs clés des cultures à répartition mondiale. Cette méthode apparemment très séduisante, surtout au niveau de l'environnement, a cependant des limites. La production de masse des insectes stériles en usine n'est pas encore pleinement maîtrisée pour plusieurs d'entre eux. Les épandages doivent se faire au niveau d'une région, voire d'un pays, sur de très grandes surfaces (plusieurs milliers d'hectares) et être assurés par les services publics ou des organisations internationales en collaboration avec la recherche universitaire et les partenaires privés concernés. (projet Régio-biocontrôle). Elle doit surtout s'assurer de la participation d'entomologistes compétents, espèce en voie de disparition.

Toute stratégie de protection intégrée des cultures doit aussi prendre en compte l'aménagement du paysage agricole (par ex : l'installation de haies composites, réserves d'auxiliaires) et une gestion raisonnée des pratiques culturales (rotations, longueur du cycle des cultures, diversification de l'assolement) qui peuvent avoir un impact direct sur la dynamique des populations de tel ou tel ravageur et limiter sa nuisibilité. Aspects que l'agriculture intensive, de type industriel, a eu tendance à oublier.

Sans hésiter, on peut affirmer que la protection des cultures rentre dans une ère nouvelle.

Les textes intégraux des communications sont disponibles sur le site de l'Académie :

<http://www.academie-agriculture.fr/seances/insectes-ravageurs-en-agriculture-et-methodes-innovantes-pour-leur-maitrise?090414>

## TRAITEMENTS THERMIQUES ET QUALITÉ DES ALIMENTS

Le traitement thermique domestique et industriel des aliments poursuit de multiples objectifs : améliorer la digestibilité, assurer une bonne qualité microbiologique et développer une large palette d'arômes et de couleurs, notamment au travers de la réaction de Maillard.

Cette réaction complexe, met en jeu de nombreux nutriments présents ou ajoutés dans l'aliment. Elle est à l'origine de multiples composés néoformés lors d'une opération thermique. Ces nombreux produits sont générés par réaction entre d'une part des sucres, des lipides peroxydés et la vitamine C, tous créant des composés carbonylés par dégradation à la chaleur et, d'autre part, les amines libres ou la lysine des protéines.

Si certains de ces composés néoformés participent au plaisir de la dégustation et sont attendus lors de la cuisson, d'autres sont considérés comme indésirables ; ils présentent des propriétés néfastes pour le consommateur. Elles peuvent être de nature organoleptique (amertume...) ou relever de la sécurité sanitaire (amines hétérocycliques, hydrocarbures aromatiques polycycliques, acrylamide...).

Dans les deux situations, ces composés sont associés à un seuil en deçà ou au delà duquel l'effet positif ou négatif devient déterminant. La maîtrise de leur formation est l'objet de cette séance.

### RÉCHAUFFAGE DOMESTIQUE AU FOUR OU PAR CONTACT D'ALIMENTS FRITS

Pr Bertrand **Broyart**<sup>1</sup>

Les lipides sont un nutriment représentant environ 40% de l'apport énergétique journalier. Ils entrent dans la composition de produits alimentaires industriels de grande consommation (pommes de terre coupées, cordons bleus...) subissant une opération de pré-friture industrielle avant leur commercialisation. Ces produits subissent en outre un réchauffage à l'échelle domestique avant leur consommation. La méconnaissance des conditions effectives de traitement thermique à l'échelle domestique (cuisson au four et à la poêle) et de leur variabilité (dépendant du matériel utilisé et de la conduite de l'opération par le consommateur), ainsi que la réactivité intrinsèque des lipides lors des traitements thermiques (oxydation des acides gras insaturés, apparition de composés néoformés potentiellement toxiques...) justifient d'étudier l'influence du réchauffage domestique sur l'avancement des réactions de dégradation des lipides. La caractérisation de l'environnement thermique des produits réchauffés à l'échelle domestique permet de définir des conditions de réchauffage qui optimisent les qualités sensorielles et nutritionnelles des produits réchauffés.

Afin d'étudier l'influence du réchauffage domestique (four, poêle) sur les réactions de dégradation thermique des lipides, le projet se propose de caractériser les phénomènes de transfert de matière et d'énergie lors du réchauffage domestique (four, poêle) de produits industriels pré-frits (frites, pommes de terre coupées, nems, cordons bleus) et d'étudier conjointement l'avancement des réactions de dégradation thermique des lipides. Pour cela, des dispositifs pilotes de chauffage seront développés pour mimer les

---

<sup>1</sup> UMR 1145 Ingénierie Aliments Procédés, AgroParisTech, Inra, Cnam.  
C.R.Acad. Agric. Fr., 2014, 100, n°100. Séance du 30 avril.

conditions opératoires domestiques et permettre la production d'échantillons dans des conditions opératoires répétibles et contrôlées. Des méthodes d'analyses (préexistantes ou originales) seront également mises en œuvre pour caractériser l'avancement des réactions de dégradation des lipides (quantification de plus de 25 analytes pour différents couples produits/ modes de réchauffage). Une étude sur les transferts et la réactivité sera menée en parallèle sur une phase lipidique pure et un produit modèle (émulsion huile dans eau gélifiée) afin d'aider au développement et à la validation de modèles mathématiques relatifs aux transferts et à la réactivité des lipides ; ces modèles permettant en outre d'augmenter la généralité des résultats acquis pendant le projet.

Le projet a permis le développement d'outils pilotes mimant les modes de réchauffage étudiés afin d'élucider les transferts couplés mis en œuvre (cuisson à la poêle notamment). De nombreux essais en conditions normales et poussées (temps longs, températures élevées) de réchauffage ont par ailleurs montré l'absence de composés néoformés, une bonne stabilité nutritionnelle des produits réchauffés au four et une évolution plus nette des marqueurs de thermo-oxydation lors du réchauffage à la poêle (notamment si de l'huile ajoutée en début de cuisson est absorbée par le produit).

## LA CUISSON ET LA QUALITÉ NUTRITIONNELLE DES VIANDES

Dr Alain **Kondjoyan**<sup>1</sup>

Dans nos sociétés, les viandes sont, dans la très grande majorité des cas, consommées cuites. L'étape de cuisson, outre son rôle dans la destruction des micro-organismes, est capitale quant à l'élaboration des qualités sensorielles et nutritionnelles des aliments.

Maîtriser la cuisson des viandes supposerait d'être capable d'obtenir de manière répétable un produit cuit de qualités sensorielles et nutritionnelles désirées, en fonction du consommateur ciblé, et des caractéristiques de la matière première qui sont très variables. Il faut évidemment aussi s'assurer de ne pas générer de composés potentiellement cancérigènes tels que les Amines Aromatiques Hétérocycliques.

Généralement, les études publiées sur la cuisson conduisent à des résultats qui dépendent fortement de l'équipement utilisé, de son réglage, et du tour de main de l'utilisateur. Or, ces équipements combinent souvent plusieurs modes de transferts d'énergie (convection, rayonnement, micro-ondes...) et ont des capacités très variables, (appareils domestiques, appareils de restauration collective, « cuiseurs » industriels). Leurs réglages sont bien sûr éminemment différents d'un cas à l'autre. Dans une situation aussi complexe, une démarche purement empirique aboutit le plus souvent à des résultats contradictoires, et à une maîtrise partielle du procédé. Elle exige souvent de nombreuses répétitions et donc, à l'échelle industrielle, beaucoup de temps et de moyens.

Une approche alternative tend donc à s'imposer de plus en plus. Elle est basée sur l'analyse et la modélisation : (1) des échanges de chaleur et de matière, et (2) de l'évolution des caractéristiques sensorielles et toxico-nutritionnelles du produit. La démarche et les outils seront présentés dans le cas de la cuisson des viandes. Il s'agit d'expliquer et de prédire l'évolution des qualités nutritionnelles des viandes, de prévenir la formation de composés indésirables, tout en maintenant les qualités sensorielles du produit.

Les connaissances acquises et les outils développés devraient permettre de :

- mieux contrôler et optimiser les procédés/appareils existants ;
- effectuer des changements d'échelle – « de la recette à la production industrielle » ;
- concevoir de nouveaux produits à base de viandes.

---

<sup>1</sup> Directeur de Recherche, INRA- Unité de Recherche sur la Qualité des Produits Animaux, Centre de Clermont-Ferrand – Theix.

## MAÎTRISE DE LA FORMATION DE MOLÉCULES NÉOFORMÉES ISSUES DE LA RÉACTION DE MAILLARD

Dr Inès Birlouez<sup>1</sup>

La cuisson des aliments est pratiquée depuis la découverte et la maîtrise du feu, et a favorisé l'homínisation et catalysé des progrès considérables dans l'organisation sociale et le développement culturel des groupes humains du paléolithique. La cuisson reste toujours de nos jours au cœur de notre alimentation, permettant de varier les saveurs des aliments, d'introduire des aliments qui ne pourraient être consommés crus, et enfin d'assurer leur conservation.

Des travaux récents suggèrent cependant que la cuisson à haute température, sous la forme de grillades, fritures, torréfaction, est associée à une augmentation des biomarqueurs du stress oxydant, de la micro-inflammation, du risque cardiovasculaire et de résistance à l'insuline chez l'homme, et devrait donc être limitée. L'origine moléculaire de ces risques est cependant mal connue, mais les produits de la réaction de Maillard semblent jouer un rôle majeur. Certaines molécules issues de cette réaction et connues pour leur toxicité *in vitro*, ont été identifiées comme se formant dans certains aliments à haute température. Notons en particulier l'acrylamide et le furane, pour lesquels des valeurs guide ont depuis été fixées au niveau européen (EFSA, 2008), même si la preuve de leur toxicité chez l'homme n'est toujours pas acquise.

L'existence de ces valeurs guide et la prise de conscience d'un risque associé à l'ingestion chronique de ces molécules ont conduit les industriels à rechercher des solutions pour limiter et mieux maîtriser la concentration de ces contaminants néoformés dans les aliments. Le projet européen Prométhéus (2011-2014) a exploré différentes solutions, comme des technologies alternatives de traitement thermique telles que le chauffage ohmique et les hautes pressions, l'encapsulation des substrats les plus actifs, des ingrédients favorables, et enfin, des outils analytiques de contrôle de ces contaminants néoformés.

Nous présenterons la synergie entre ces diverses solutions sur trois modèles alimentaires, les formules infantiles, les purées pour bébé et les biscuits. Grâce à ces solutions une baisse de plus de 50% des contaminants dans les produits finis est possible sans altérer les autres critères de qualité microbiologique, sensorielle et nutritionnelle. Un contrôle en temps réel de ces contaminants permet une maîtrise des teneurs, et la mise en ligne de capteurs, dans une approche multicritère, ouvre la voie vers la mise en place d'actions correctives lorsque cela est nécessaire.

---

<sup>1</sup> Présidente - Directrice scientifique Spectralys Innovation.

## L'INGÉNIERIE DES RÉACTIONS CHIMIQUES DANS L'ÉLABORATION DES ALIMENTS

### CONCLUSION

Professeur Gilles **Trystram**<sup>1</sup>

Le traitement thermique est certainement l'approche technologique la plus développée, concernant les aliments. Un nombre considérable de travaux y a été dédié. Les raisons essentielles sont : rendre digestible les aliments, préserver des questions de sécurité sanitaire, maîtriser les qualités perçues. Initialement uniquement microbiologique, les questions relevant de la sécurité sanitaire sont aujourd'hui liées aux virus, aux champignons (mycotoxines), au devenir des produits de traitements agricoles, à l'équilibre chimique qui se constitue dans un aliment entre traitement et conservation, puis consommation domestique. Il est certain que les grandes questions à venir sont relatives aux enjeux de composition chimique des aliments consommés et que de ce point de vue la maîtrise de la composition de l'aliment en composés néoformés est un challenge.

Les enjeux sont finalement nombreux. Ils sont avant tout de l'ordre de la connaissance : comprendre les mécanismes chimiques et leur couplage aux transports et transferts. Les fronts de science sont en chimie de l'aliment, en chimie analytique (avec un fort couplage où l'on progresse en chimie analytique et cela interroge de nouveaux fronts de science en chimie de l'aliment), en génie des procédés avec notamment le couplage transfert réactions qui est de plus en plus actif dans le monde, en mathématiques appliquées avec des questions nouvelles ouvertes notamment par l'étude de systèmes instationnaires.

L'ingénierie de conception ou d'exploitation des produits et procédés est également un front de science autant qu'un enjeu majeur de compétition. La mise en œuvre de réactions, leur maîtrise, pose par exemple la question de la recherche de compromis/consensus entre des réactions mettant en œuvre des mécanismes similaires, pilotées par les mêmes degrés de liberté opérationnels (réactions de Maillard notamment). Il existe notamment un enjeu indirect de compétition entre acteurs socio économiques, mais qui concerne aussi les consommateurs, lié aux normes, à la capacité de respect de celles-ci par les producteurs d'aliments. Selon que l'on considère des matières premières brutes, formulées ou assemblées, les questions se posent de manières différentes.

Les sciences de l'ingénierie et notamment l'ingénierie des réactions constituent en tant que telles un front de science. L'aliment quel qu'il soit est un système complexe, dont l'usage est au moins partiellement inconnu. Décider, concevoir dans un tel environnement est compliqué et passe aujourd'hui par des technologies numériques. Les grandes questions posées portent sur :

- La simulation des mécanismes, dont l'échelle de description est souvent décalée entre des réactions aux échelles moléculaires et d'autres mécanismes à des facteurs d'échelle spatiales différents. Les progrès certes certains en dynamique moléculaire ne s'appliquent pas aujourd'hui correctement aux aliments.
- l'obtention expérimentale de données relatives aux mécanismes réactionnels est difficile, coûteuse et incertaine. La réalisation d'expérimentation pour obtenir des données cinétiques, nécessaires aux calculs achoppe sur les possibilités analytiques et sur l'amplitude et le coût expérimental.

---

<sup>1</sup> UMR 1145 Ingénierie Aliments Procédés, AgroParisTech, INRA, Cnam.  
C.R.Acad. Agric. Fr., 2014, 100, n°2. Séance du 30 avril.

- 
- Les bases de données existantes sont incomplètes et les approches d'interpolation entre données tabulées restent incertaines (moins de recul notamment qu'en ce qui concerne les questions microbiologiques).
  - La chimie de l'aliment, du fait de la complexité des milieux, des interactions fortes et faibles entre molécules, est encore un champ finalement peu exploré.
  - La modélisation et la simulation reste également un champ complexe, malgré le nombre considérable d'approches différentes mises en œuvre (modèle stoechio-cinétique, modèle issus de l'intelligence artificielle, modèle utilisant des variables stochastiques...).
  - Les méthodologies de l'optimisation enfin sont incomplètes, ce qui peut paraître paradoxal compte tenu du nombre d'algorithmes proposés, mais l'approche multicritères nécessaire d'une part et l'analyse de robustesse des décisions proposées d'autre part sont encore insuffisamment résolues.

Finalement, malgré un nombre croissant d'applications proposées, de réalisations allant jusque l'implantation industrielle, l'ingénierie des réactions dans les aliments en lien avec le traitement thermique reste un challenge de recherche, essentiel à aborder car probablement porteur des enjeux de sécurité sanitaire et de compétitivité de demain.



## RETOUR DES PÉNURIES ALIMENTAIRES ? UN NOUVEAU DÉFI : NOURRIR 9,5 MILLIARDS DE PERSONNES EN 2050<sup>1</sup>

par André Neveu<sup>2</sup>

*(Cet ouvrage a été préfacé par notre confrère Guy Paillotin. Sa direction de publication a été assurée par notre confrère Christian Férault, désormais à la tête d'une nouvelle collection aux éditions France Agricole).*

Jean-Paul Charvet<sup>3</sup>. – Dans le prolongement de la publication aux éditions Autrement en 2012 d'un livre intitulé : « Agriculture mondiale : un désastre annoncé » André Neveu reprend dans le présent ouvrage, en l'élargissant et en lui apportant de nouveaux éléments, une réflexion entamée de longue date. Il s'appuie entre autres sur les résultats de travaux conduits par plusieurs confrères de notre Académie, en les citant sous la forme de petits encadrés bien venus.

Le plan retenu se suit aisément : partant des constatations que « la production agricole sera sans doute insuffisante » et que « de nouveaux facteurs de changement » (d'ordre climatique, économique, politique ...) vont l'impacter, l'auteur souligne également que « les prix agricoles sont (désormais) dans la tourmente » (le marché pose plus de problèmes qu'il n'en résout ...). Dans ce contexte, faut-il repenser complètement les politiques agricoles ? André Neveu ne se contente pas de répondre par l'affirmative : il propose également tout un ensemble de mesures susceptibles d'être mises en œuvre.

Afin de souligner le fait que la production agricole éprouvera de plus en plus de difficultés pour répondre à la demande alimentaire il s'appuie sur les statistiques les plus récentes qui montrent que le ralentissement de la croissance démographique s'effectue à un rythme plus lent que prévu (9,5 milliards de Terriens en 2050, plutôt que 9 milliards) et que la croissance urbaine progresse plus rapidement que prévu, surtout dans les pays en développement. Comment va-t-on pouvoir faire face en particulier à l'envolée des besoins alimentaires de métropoles urbaines gagnées par le gigantisme dans un contexte où des inégalités croissantes se manifestent entre pays et catégories sociales?

André Neveu souligne ensuite que la progression des rendements de certaines cultures, dont celle du blé en Europe occidentale, semblent avoir atteint un palier depuis au moins une décennie et que dans le monde « les surfaces cultivables ne sont pas infinies » alors que « leur fertilité est souvent précaire ». Le tableau de la page 34 résume son argumentation. Pour lui les projections de la prospective « Agrimonde » (cf. le scénario « Agrimonde 1 », *d'ailleurs en cours de réévaluation*) sont trop optimistes et ne prennent pas assez en compte les terres qui chaque année doivent être abandonnées, car fortement dégradées. Il nous dit en outre que si l'apport des terres irriguées est essentiel (on y réalise 40% de la production agricole mondiale), l'épuisement des ressources en eau dans différentes régions du monde (en particulier en Inde) fait que dans

---

<sup>1</sup> Éditions France Agricole, 2014, 125 pages.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Membre de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur émérite de géographie agricole et rurale de l'Université de Paris Ouest-Nanterre-La Défense.

les décennies à venir l'indispensable progression des rendements par hectare viendra d'abord des *agricultures pluviales*.

On arrive là au cœur de la démonstration d'André Neveu : si les progressions de rendement par hectare parviennent à se poursuivre dans les décennies à venir à des rythmes comparables à ceux enregistrés dans la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, le pari alimentaire mondial pourrait être gagné. Toutefois de nombreuses constatations faites dans bien des pays et sur différentes cultures ne vont pas dans l'immédiat dans ce sens...

La situation alimentaire mondiale risque d'autant plus de devenir tendue que de nouvelles incertitudes vont marquer les décennies à venir : celle du changement climatique (dont la géographie demeure d'ailleurs encore insuffisamment connue), celle des niveaux de préservation de l'environnement qui pourront être mis en place, celle de la poursuite de la pénétration du système capitaliste en agriculture sous la forme de fonds d'investissement privés ou « souverains » (thème qu'André Neveu a remarquablement analysé dans le livre qu'il a publié en 2012 aux éditions Autrement) ou encore celles liées aux désordres politiques qui affectent différentes régions de la planète ... Tout ceci dans un contexte global où la volatilité des prix des commodités agricoles a pris une ampleur considérable, en particulier en raison des relations de plus en plus étroites qui se sont tissées entre prix des produits agricoles, prix des produits énergétiques et prix des produits financiers.

La dernière partie du livre (pp. 89 et suivantes) aborde la question des nouvelles politiques agricoles qu'il conviendrait de mettre en place afin de soutenir de façon équilibrée l'indispensable accroissement de la production alimentaire mondiale. Il m'est difficile de présenter ici de façon détaillée, faute de place, l'ensemble des mesures proposées par l'auteur. Elles vont de la nécessaire reconnaissance de la *souveraineté alimentaire* par les organisations internationales (comment faire échapper le droit et l'accès à l'alimentation à la pression du libre-échange ?) à la mise en place de *politiques foncières* protégeant les petits agriculteurs, en particulier contre le « *land grabbing* », en passant par les *investissements tout à fait considérables* (entre 200 et 300 milliards d'euros ...) qu'il conviendrait de programmer pour développer et intensifier la production agricole tout en mettant en place de nouveaux systèmes de financement destinés à la petite paysannerie.

Comme à propos de tout ouvrage le lecteur ne manque pas d'avoir quelques regrets : l'analyse des relations entre productions vivrières et cultures d'exportation (pp.100 et suivantes) pourrait être davantage développée, le rôle des biotechnologies et en particulier des PGM (plantes génétiquement modifiées) dans l'accroissement des rendements et la gestion de l'environnement aurait mérité des analyses spécifiques ( par exemple une évaluation de leur degré de compatibilité avec l'agriculture durable et l'agro-écologie) et les excellents passages présentant des exemples très concrets tels ceux concernant l'Argentine (pp. 100-101) ou le Cambodge (p.107) auraient gagné à être plus nombreux.

Ceci étant dit André Neveu a réussi à présenter sous un volume limité (125 pages) une synthèse remarquable des enjeux qui sont ceux de l'agriculture de demain, synthèse d'autant plus utile que comme l'indique notre confrère Guy Paillotin dans la préface : « la marge de manœuvre dont nous disposons pour l'avenir se révèle bien étroite ». Au total, un livre très riche, de lecture aisée, et qui apporte de nombreux éléments de réflexion au débat portant sur la nécessaire réécriture des politiques agricoles.

## VISITE DE LA FERME DE LA TREMBLAYE À LA BOISSIÈRE-ÉCOLE

par Claude Sultana<sup>1</sup>

La ferme de la Tremblaye a été la première exploitation agricole d'Île de France à se doter d'une unité de méthanisation. À l'initiative de notre confrère Yves Baratte un groupe de membres de l'AAF (Académie d'agriculture de France) était accueilli le 17 avril 2014 par Henri Cazajus, gérant de la Ferme. Après une présentation du programme de la visite, il retrace l'historique de cette exploitation.

La ferme de la Tremblaye a été achetée en 1967 à titre personnel par Jean-Noël Bongrain pour mieux appréhender les problèmes de la production laitière face aux industriels transformateurs dont il était un représentant. Au départ elle était de 125 ha dont 104 irrigables. Un troupeau de vaches laitières a été créé, profitant de la proximité de Rambouillet qui offrait un débouché pour le lait simplement pasteurisé. Au début des années 70 l'atelier de production fromagère a été mis en place pour des fabrications à partir de lait cru sur lesquelles nous reviendrons plus loin. Cela a permis la création d'un troupeau de chèvres en 2000.

L'exploitation compte aujourd'hui 300 ha dont environ 130 ha de terres conduites en agriculture de conservation. Sa gestion est complètement séparée du groupe Bongrain. Les productions sont très orientées vers l'alimentation des troupeaux qu'elles couvrent aux deux tiers.

Le groupe se dirige ensuite vers la station de méthanisation à environ un km de la ferme. Cette installation a été mise en service en 2012. Henri CAZAJUS évoque les trois années de « parcours du combattant » pour monter le dossier administratif, quand une seule année suffit en Allemagne ; cela expliquerait pourquoi il y a actuellement plus de 7000 installations dans ce pays contre 300 en France.

Alimentée initialement avec du fumier, elle valorise depuis outre des fumiers, principalement de vaches et de chèvres, du lactosérum, des lisiers, des graisses animales, des ensilages d'intercultures, les boues de la station d'épuration. Le lactosérum arrive directement de la fromagerie par une canalisation de 900 m. Les graisses animales, en provenance de l'extérieur subissent un traitement thermique (70° pendant une heure), ainsi que tous les fumiers.

Une facturation est appliquée pour le recyclage des produits venant de l'extérieur ; la ferme se trouve en concurrence avec des exploitants Belges qui, pour assurer l'approvisionnement de leurs installations, viennent, à l'inverse, acheter des matières grasses issues d'unités du groupe Bongrain.

L'installation comporte essentiellement trois grandes cuves et le groupe de cogénération. Elle a été réalisée suivant le procédé continu à deux étages de la technologie biogaz de MT-Energie pour lequel trois réservoirs sont nécessaires: un digesteur, un post-digesteur, et un silo de stockage du digestat. Elle est complétée par le module de cogénération placé à quelque distance par sécurité.

Les cuves sont fermées par un « toit » constitué d'une bâche souple de forme conique, doublée en dessous par une autre bâche qui assure le rôle de gazomètre souple en se déplaçant verticalement selon la quantité de gaz. Elle peut être utilisée pour la vidange totale des cuves en gonflant l'espace entre ces parois qui assurent également une sécurité contre les surpressions. L'assise au sol des cuves a dû être stabilisée par des micro-pieux à 15 m de profondeur lors de la construction.

Comme le digestat issu de la fermentation est épandu sur les cultures, il est porté une attention particulière à ne pas utiliser de déchets renfermant des métaux lourds pour ne pas polluer les sols. Les autres problèmes qui peuvent se poser avec les matières premières viennent des fumiers qui peuvent contenir des déchets plastiques, des ficelles, des morceaux de ferraille et des pierres, occasionnant des bourrages à la

---

<sup>1</sup> Vice-trésorier de l'Académie d'Agriculture de France, ancien directeur de l'Institut technique du Lin.

coupe des matières ou dans la vis d'alimentation. Le fumier doit être propre, toute une éducation à faire en interne.

Les matières solides sont démêlées à l'entrée du premier digesteur. L'utilisation d'un post-digesteur permet d'optimiser la valorisation des matières en assurant 20 % de la production du méthane. Les deux digesteurs sont remplis aux 2/3 ; les matières sont brassées en permanence par trois malaxeurs et chauffées à 39/40° par 1/3 de l'eau chaude de refroidissement du moteur de la cogénération. La fermentation est anaérobique.

*Rappelons succinctement que la méthanisation subit un processus en quatre étapes successives et concomitantes puisque le processus est continu:*

- *une hydrolyse où la matière organique complexe est tout d'abord transformée en molécules simples par des enzymes,*
- *une phase dite acidogénèse pendant laquelle des microorganismes vont produire des alcools et des acides organiques et aussi de l'hydrogène et du CO<sub>2</sub>,*
- *une phase dite acétogénèse où des bactéries vont transformer les divers composés issus de l'acétogénèse en précurseurs directs du méthane,*
- *et enfin la production de méthane est réalisée par la méthanogénèse grâce à des micro-organismes également anaérobies dont les archaées.*

Le fumier apporte naturellement les ferments utiles à ces transformations. La matière passe du digesteur au post-digesteur puis le digestat (reliquat des matières en solution après épuisement du carbone) est évacué vers le silo de stockage.

Le méthane s'accumule au sommet des deux fermenteurs, passant aussi du digesteur au post-digesteur avant d'être envoyé par une canalisation enterrée vers la cogénération. Le gaz, en fait le mélange gazeux, sort à 20° ; il doit être épuré des composés soufrés et de l'eau qu'il contient avant de servir de carburant dans le moteur de la cogénération. Les composés soufrés sont précipités et l'eau est condensée dans la canalisation par refroidissement par le sol. Le gaz perd ainsi 6° lors de ce passage. Il reste encore en mélange du CO<sub>2</sub> qu'il aurait fallu éliminer si le méthane était injecté dans un circuit de gaz à usage domestique.

En bref, l'installation valorise annuellement 12700 tonnes d'effluents et reliquats végétaux pour produire 5000 MWh de gaz, 2200 MWh de chaleur, 1800 MWh d'électricité et 11000 tonnes de digestat à 8 % de matière sèche, dont la teneur en NPK est 3,3/1,7/3,6.

Le digestat est ensuite envoyé vers la cuve de stockage qui peut accumuler 8 mois de production. Il est épandu à 20-40 T/ha sur les champs à l'automne et au printemps, à une période où le passage des engins ne nuit pas aux cultures et au sol. Lorsque le matériel d'épandage doit utiliser des routes, son poids est limité à 44 t. L'épandage chez les agriculteurs est facturé, mais par l'apport d'une fumure c'est une opération à bénéfice partagé.

Le méthane alimente, après surpression (pour ajuster le rapport méthane/air), le moteur thermique du module de cogénération, d'une puissance de 250 KW. Ce moteur est couplé à un alternateur qui produit un courant triphasé sous 400 V. La quantité d'électricité produite correspond aux besoins annuels de 600 maisons individuelles (hors chauffage). Cette électricité est achetée par EDF sensiblement à 150 % du prix de facturation publique.

L'eau de refroidissement sort à 97° réchauffée par les gaz d'échappement, elle est nettement plus élevée que la température de refroidissement des moteurs thermiques, généralement autour de 84° en Allemagne. Ce mode de fonctionnement du moteur a été accepté par le motoriste après une étude de faisabilité.

L'eau chaude, outre le chauffage des digesteurs, est aussi dirigée vers la ferme par une canalisation enterrée de 900 m, où la perte de température en ligne (1 degré /km) est très acceptable ; elle est connectée à la production d'eau chaude d'une chaudière à bois, installée antérieurement sur laquelle nous reviendrons plus loin.

De retour à la ferme, la production des fromages nous est présentée. Henri Cazajus est très attaché à l'appellation fromages fermiers dont il rappelle les impératifs du cahier des charges : lait produit sur la ferme, fabrication et affinage du fromage sur place selon les technologies traditionnelles. La ferme participe au réseau des fermes laitières et fromagères d'Île de France, comme la ferme des 30 arpents que nous avons visitée en 2012.

À partir d'un troupeau de 147 vaches de race Holstein et de 600 chèvres de race Alpine. (soit, sur la base de 10 chèvres pour une unité de gros bétail une charge d'environ 200 UGB sur l'exploitation), la Tremblaye produit annuellement 250 T de fromages, dont 35 % sont exportés, fromages essentiellement à pâte molle et croûte fleurie. Citons parmi ceux au lait de vache, des camemberts fermiers de 250 et 150 g, un camembert, le seul pasteurisé, destiné aux USA, un brie fermier, deux Saint-Jacques de 400 g, dont un à la sauge et, parmi ceux au lait de chèvre, des pâtes molles à croûte fleurie de divers poids et des bleus, cendrés ou non, également de différents poids 150g, 400g, 900g. La dégustation de cette grande variété de fromages a été très appréciée par tous les membres du groupe.

À signaler aussi que la ferme produit un jus de pomme sous la marque « Ferme de Jouvence » à partir de 7 variétés de pommiers.

La visite continue en début d'après-midi par la chaufferie. Une chaudière bois a été installée en 2006 pour produire l'eau chaude nécessaire à la fromagerie et, par la même occasion, chauffer une partie des trente appartements où logent les deux-tiers du personnel. Elle permet de valoriser au mieux la production de bois de la forêt de l'exploitation. Elle consomme ainsi annuellement 2000 m<sup>3</sup> de bois réduit en plaquettes pour une alimentation automatique qui ne nécessite qu'un chargement hebdomadaire. Cette production d'eau chaude est confortée aujourd'hui par le raccordement avec l'eau chaude issue de la cogénération.

L'eau utilisée provenait initialement d'un forage ; mais après son ensablement, il a fallu recourir à l'eau de ville. Cette solution demande une vigilance particulière quant à la présence de *pseudomonas*, à risque pour la fromagerie.

L'utilisation du bois amène quelques précisions sur la forêt. Elle couvre 177 ha et se compose de différentes essences. Elle demande une vigilance constante à cause de la présence de blaireaux et du risque induit de tuberculose vis-à-vis des animaux de production de lait.

La chasse s'y pratique tous les 15 jours en période d'ouverture; elle est accessible à des adhérents respectant un règlement intérieur exigeant. La traque se fait avec des chiens, les postes de tir son à 2m du sol pour favoriser le tir plongeant, avec un secteur de tir bien délimité.

La stabulation des chèvres est voisine de la chaufferie. Les chèvres donnent en moyenne 3 l/jour en 2 traites. Pour la meilleure régularité de production, elles sont réparties en 3 lots, un lot de chèvres en lactation continue après une première parturition, deux lots saisonnalisés mais décalés dans l'époque de chaleurs. La traite se fait en stalles rotatives.

La visite de la fromagerie se fait par l'extérieur pour des raisons sanitaires. L'installation a la singularité de traiter des pâtes persillées en même temps que des pâtes à *Géotrichum* ou *Penicillium* ... situation unique les flores étant fortement antagonistes, tous les fromages se fabriquent dans le même local. C'est une activité exigeante en eau : 9,2 l/l de lait.

L'étable est assez éloignée de la bergerie. Les vaches en liberté disposent de stalles ou logettes agencées de sorte que, lorsqu'elles sont couchées, les déjections ne puissent être en contact avec la mamelle.

Les vaches tarées sont mises au pré. Elles restent en stabulation l'hiver et, comme il est important qu'elles ne soient pas trop grasses, car Henri Cazajus précise qu'elles ont le même syndrome alimentaire que le régime Dukan (corps cétoniques coupe faim). Le 1er vêlage se fait à 23 mois.

L'installation de traite rotative a été délaissée au profit d'une installation en épi de 2 fois 8 stalles. Cela permet une meilleure observation des animaux. Tous les paramètres, quantitatifs et qualitatifs sont relevés par des capteurs (technologie israélienne) pour chaque animal afin d'une meilleure traçabilité et pour se

focaliser le plus tôt possible sur l'animal en mal être. Le suivi des animaux demande du personnel très qualifié et la formation de *e-techniciens* de l'élevage est en pourparlers avec le centre de Cannapeville dans l'Eure. Henri Cazajus souligne le besoin de techniciens qualifiés pour toutes les activités connexes de la production agricole, la question de l'avenir de la production laitière est soulevée. Il y aura une concentration des points de collecte ; le besoin de personnel qualifié sera d'autant plus prégnant qu'il faudra gérer aussi la durée du travail ! Il est possible que les élevages s'orientent vers des troupeaux de 100/150 ou 200/300 vaches.

La journée se termine par la visite du laboratoire SOREDAB situé dans l'enceinte de la ferme. C'est le centre de recherche appliquée du Groupe Soparind-Bongrain. Son Directeur, Bertrand Salczer, accueille le groupe. Après une présentation de l'Académie d'agriculture par Gérard Tendron, Secrétaire perpétuel, Bertrand Salczer expose les activités du laboratoire dont les travaux visent à apporter les réponses aux problèmes soumis par les différentes unités du groupe.

Les travaux couvrent cinq domaines :

- hygiène et sécurité alimentaire,
- science des aliments,
- génie des procédés,
- biotechnologies,
- nutrition.

Le Directeur détaille les différents thèmes de recherche avec pour objectifs l'acquisition de connaissances, leur transfert en savoir-faire et la diffusion des bonnes pratiques.

Citons à titre d'exemple, dans le *génie des procédés* la fabrication des ferments ; l'étude des arômes, des textures, du rôle des ingrédients dans la *science des aliments* ; dans les *biotechnologies* l'augmentation de la diversité microbienne et la conservation d'une collection de 6000 souches ; l'établissement des processus de contrôle pour l'*hygiène et la sécurité alimentaire* et la garantie de qualité et fiabilité; et dans le domaine de la *nutrition*, la mise en avant des bénéfices nutritionnels avec un intérêt particulier pour le contrôle du poids, la santé cardiovasculaire et la santé de l'os.

Le personnel est composé pour moitié de chercheurs, tous docteurs en sciences, et pour l'autre moitié de techniciens.

La visite des installations se poursuit sous la conduite de Christine Martin-Rouas, responsable de la microbiologie, par le laboratoire d'analyse des échantillons adressés par les différentes unités du groupe. Selon le risque pathogène, ils sont traités en laboratoire P2 ou P3. L'identification des pathogènes se pratique sur milieux de culture, par microbiologie classique et génomique. La caractérisation se fait alors par l'ARN ribosomique en référence à une collection de souches pathogènes. La visite continue par la salle des bioréacteurs où se déterminent les conditions de croissance des souches découvertes, pour se terminer par le laboratoire d'analyse sensorielle où interviennent des jurys (composés de chercheurs) pour la qualification gustative.

Gérard Tendron remercie nos hôtes pour cette très intéressante journée. Cela a été une occasion de redécouvrir les fromages avec la modernité des processus mis en œuvre et le rôle de l'innovation dont le bleu de chèvre est un exemple. Nous avons pu apprécier avec la méthanisation la valorisation totale, sous forme de chaleur, électricité et même d'engrais, de matières dont certaines sont encore considérées comme résidus ou déchets. Il remarque cet engagement dans l'agriculture de conservation, dans un souci écologique de fonctionnement énergétique autarcique et de valorisation régionale des productions.

La visite des laboratoires a été d'un intérêt évident pour comprendre l'engagement du groupe Bongrain dans la qualité des produits et la satisfaction du consommateur, même si, comme il se doit, beaucoup de points relèvent du domaine secret.

Il renouvelle ses remerciements à Henri Cazajus, Bertrand Selczer et Christine Martin-Rouas pour leur disponibilité et remercie également Yves Baratte pour son initiative.