

# Agronomie

## environnement & sociétés



La revue de l'association française d'agronomie

## Défi alimentaire et Agronomie

Enjeux alimentaires : quels défis pour l'agronomie ?

Rendements et qualité sont-ils conciliables ?

Nouvelles structurations et fonctionnement des bassins de production alimentaire.

Quelle utilisation de l'espace en zone rurale et périurbaine ?

Défi alimentaire, politiques agricoles, environnement.

# Agronomie, Environnement & Sociétés

Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.

Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.

Contact : douhairi@supagro.inra.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45

Site Internet : <http://www.agronomie.asso.fr>

## Objectif

AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

ISSN 1775-4240

## Contenu sous licence Creative commons



Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons 2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

## Directeur de la publication

Thierry DORÉ, président de l'Afa, professeur d'agronomie AgroParisTech

## Rédacteur en chef

Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

## Membres du bureau éditorial

Guy TRÉBUIL, chercheur Cirad

Philippe PRÉVOST, Directeur de l'enseignement Montpellier SupAgro

Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

## Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, Directeur de recherches Inra
- Bernard BLUM, Directeur d'Agrometrix
- Jean BOIFFIN, Directeur de recherches Inra
- Matthieu CALAME, Directeur de la Fondation pour le Progrès de l'Homme
- Jacques CANEILL, Directeur de recherches Inra
- Joël COTTART, Agriculteur
- Cécile COULON, Ingénieure Inra
- Thierry DORÉ, Professeur d'agronomie AgroParisTech
- Philippe ÉVEILLARD, Responsable du pôle agriculture, environnement et statistiques de l'Unifa
- Sarah FEUILLETTE, Chef du Service Prévision Evaluation et Prospective Agence de l'Eau Seine-Normandie
- Yves FRANCOIS, agriculteur
- Jean-Jacques GAILLETON, Inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole
- François KOCKMANN, Chef de service agriculture-environnement Chambre d'agriculture 71
- Nathalie LANDÉ, Ingénieure Cetiom
- François LAURENT, Chef du service Conduites et Systèmes de Culture à Arvalis-Institut du végétal
- Francis MACARY, Ingénieur de recherches Irstea
- Jean-Robert MORONVAL, Enseignant d'agronomie au lycée agricole de Chartres
- Christine LECLERCQ, Professeur d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais
- Philippe POINTEREAU, Directeur du pôle agro-environnement à Solagro
- Philippe PRÉVOST, Directeur de l'enseignement et de la vie étudiante à Montpellier SupAgro
- Guy TRÉBUIL, Chercheur Cirad.

## Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

## Assistants éditoriales

Sophie DOUHAIRIE et Danielle LANQUETUIT

## Conditions d'abonnement

Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément

(voir conditions à <http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>)

## Périodicité

Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

## Archivage

Tous les numéros sont accessibles à l'adresse <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/>

## Soutien à la revue

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (<http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

## Instructions aux auteurs

Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/>

## À propos de l'Afa

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu [envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques] et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa, veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

**Lisez et faites lire AE&S !**

# Sommaire

## p.7// Avant-propos

T. Doré (Président de l'Afa) et O. Réchauchère (Rédacteur en chef)

## p.9// Édito

G. TRÉBUIL (Cirad, vice-président de l'Afa, coordonnateur du numéro)

## p.13// Enjeux alimentaires : quels défis pour l'agronomie ?

p.15- The challenges facing contemporary food systems : policy and governance pathways to sustainable production and consumption - D. BARLING (City University, Londres)

p.27- La place de l'exercice Agrimonde dans la multiplication récente des perspectives agricoles et alimentaires mondiales - S. TREYER (Iddri)

p.37- Comment l'évolution des systèmes alimentaires interroge-t-elle l'agronomie ? - T. DORÉ (AgroParisTech), E. MALÉZIEUX (Cirad, Persyst) et G. TRÉBUIL (Cirad, ES)

## p.49// Rendement et qualité sont-ils conciliables ?

### p.51- La filière blé : entre évolutions technologiques et sociétales

#### J. ABECASSIS (Inra, Umr late)

p.59- Conception et conduite de systèmes de culture céréalières conciliant rendement et qualité

C. LOYCE (AgroParisTech, Umr Agronomie), M.H. JEUFFROY (Inra, Umr Agronomie)

## p.73// Nouvelles structurations et fonctionnement des bassins de production alimentaire

p.75- Analyse et conception de systèmes de production végétale à l'échelle des bassins d'approvisionnement agro-alimentaires

M. LE BAIL (AgroParisTech) et P.Y. LE GAL (Cirad, Umr Innovation)

## p.87// Quelle utilisation de l'espace en zones rurales et péri-urbaines ?

p.89- Cultiver les milieux habités. Quelle agronomie en zone urbaine ?

C. SOULARD (Inra-Sad) et C. AUBRY (Inra-Sad)

## p.103// Défi alimentaire, politiques agricoles, environnement

p.105- Politique et dynamique des systèmes de production : comment concilier défi alimentaire, compétitivité et environnement ?

V. CHATELLIER (Inra, Lereco) et P. DUPRAZ (Inra, Smart & Agrocampus Ouest)

p.117- Les territoires d'alimentation des villes : empreinte alimentaire et territoire d'approvisionnement, deux concepts de l'agronomie des territoires

M. BENOÎT (Inra-Sad, Aster), P. CHATZIMPIROS (Université Paris Est-Marne la Vallée) et V. THIEU (European Commission)

## p.131// Restitution des débats lors des Entretiens du Pradel

## p.137// Notes de lecture

p.139- Afterres 2050 - Scénario d'utilisation des terres agricoles et forestières pour satisfaire les besoins en alimentation, en énergie, en matériaux, et réduire les gaz, de SOLAGRO (T. Doré)

p.143- Pour une alimentation durable : réflexion stratégique du ALIne de C. Esnouf, M. Russel & N. Bricas (G. Trébuil)

p.147- Food Policy de T. Lang, D. Barling & Carragher (G. Trébuil)



## **Rendement et qualité sont-ils conciliables**

## La filière blé : entre évolution technologique et sociétale

Joël Abécassis<sup>1,2,3,4</sup>

1. INRA, UMR1208, Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, F-34060 Montpellier cedex, France

2. CIRAD, UMR1208, Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, F-34060 Montpellier cedex, France

3. Montpellier SupAgro, UMR1208, Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, F-34060 Montpellier cedex, France

4. Université Montpellier II, UMR1208, Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, F-34060 Montpellier cedex, France

Contact : abecassi@supagro.inra.fr

### Résumé

La filière blé se trouve confrontée à des attentes de plus en plus diverses : satisfaire la demande alimentaire mondiale, répondre à des attentes qualitatives multiples des différents marchés nationaux et internationaux, maintenir sa compétitivité économique tout en réduisant son impact sur l'environnement.

La demande des marchés est en perpétuelle évolution pour disposer de matières premières aux caractéristiques toujours plus homogènes et régulières en même temps que satisfaire des attentes de plus en plus diversifiées. Dans un marché des céréales mondialisé, l'élaboration des aliments céréaliers est restée régionalisée. Il existe différents types de pains, de pâtes et de biscuits pour lesquels il convient d'élaborer des mélanges de blés capables de satisfaire des demandes parfois très différentes. Néanmoins, ces marchés internationaux de l'alimentation humaine et animale demeurent organisés autour d'un critère majeur : la teneur et la qualité des protéines du blé.

L'autre tendance qui se dessine pour cette filière correspond à la satisfaction des attentes du consommateur final et du citoyen pour une alimentation de meilleure qualité nutritionnelle (absence de résidus de traitement et de contaminants dans les produits finis), plus durable et plus respectueuse de l'environnement. Les considérations environnementales sont aujourd'hui émergentes sur le marché européen mais ne sont pas encore prises en compte par les marchés internationaux.

Si déjà dans le passé on a pu opposer, dans la filière blé, la quantité de blé produite et sa qualité d'utilisation, les différents leviers de la recherche et du développement, génétiques et agronomiques, ont été en mesure de satisfaire cette double demande. Néanmoins cette amélioration conjointe s'est opérée par une plus grande intensification et artificialisation du milieu qui ont conduit à la situation actuelle. La réponse aux nouveaux enjeux ne sera-t-elle qu'une nouvelle étape d'optimisation au sein de la filière ou faudra-t-il repenser plus en profondeur les modes de production et de transformation des produits céréaliers ?

**Mots-clés :** blé ; filière ; qualité ; protéines.

### Abstract

Wheat industry is facing increasingly different expectations: Answering the global food demand, meeting the several qualitative end-uses of the wheat chain for domestic and international markets, maintaining its economic competitiveness while reducing its environmental impact.

Market demand is constantly evolving in order to obtain more uniform and more regular characteristics of the raw materials to meet the expectations of different markets. In a global grain market, the development of cereal products remained local. There are several types of breads, pasta and biscuits for which there exist different requirements. Nevertheless, these international markets for food and feed still rely mainly on a major criterion: the protein content and its quality.

The other emerging trend for this sector is meeting the expectations of the societal demand for a more environmentally friendly and a sustainable diet (no pesticide residues and no contaminants in the end-products, nutritional quality). Environmental considerations are now emerging on the European market but have not yet been taken into account in international markets.

While in the past there has already been opposition within wheat chain between wheat quantity and wheat quality, research and development was able to meet this double demand. However, this co-development took place through greater intensification and artificialization of the environment that led to the current situation. Would it be possible to meet the new expectations with a new incremental optimization or would it be necessary to reconsider the way cereal are produced and processed?

**Keywords:** Wheat; wheat industry; quality; proteins.

## Introduction

Les céréales couvrent plus de 9 millions d'hectares en France et la récolte annuelle est d'environ 70 millions de tonnes dont plus de 50% sous forme de blé. La France est devenue le premier producteur de l'Union Européenne grâce à un important effort de R & D me-

né conjointement par la recherche publique et les centres techniques qui lui ont permis de faire partie des pays ayant les plus hauts rendements agronomiques. Elle est ainsi devenue l'un des principaux exportateurs de blé dans le monde. Plus de la moitié de la production de blé est exportée vers les autres pays européens et les pays tiers, notamment dans le bassin méditerranéen.

Cependant les filières céréalières s'interrogent aussi sur de nouveaux enjeux et la satisfaction de nouvelles attentes qui s'inscrivent dans la perspective tracée par le Grenelle de l'environnement et en vue de la future réforme de la politique agricole commune (Abecassis *et al.*, 2009). L'accroissement des conditionnalités environnementales pourrait en effet venir modifier de manière très significative le montant et la nature des aides aux producteurs mais aussi modifier en profondeur les systèmes de production des céréales ainsi que la qualité des produits qui en sont dérivés.

Ainsi l'évolution de la filière blé devrait dépendre non seulement de l'évolution des marchés du blé pour satisfaire une demande mondiale en augmentation mais aussi des politiques agricoles qui seront mises en œuvre dans les prochaines années. Après avoir décrit la structuration de la filière blé en France, nous examinerons successivement comment cette filière blé serait à même de satisfaire les attentes du marché international du blé et de répondre aux attentes sociétales pour réduire son impact sur l'environnement tout en maintenant sa compétitivité économique.

## **Structuration de la filière blé en France**

On a trop souvent tendance à décrire les filières agricoles en ne considérant que le flux des produits (de l'amont à l'aval ou de la semence au produit fini). Ce faisant, on oublie les flux d'information entre acteurs de ces filières qui vont de l'aval vers l'amont et qui permettent d'ajuster les caractéristiques des produits aux attentes des utilisateurs et des consommateurs.

La filière française s'est structurée au sortir de seconde guerre mondiale en visant d'abord à atteindre l'autonomie alimentaire ce qui a été obtenu dès 1955 pour le blé. Les progrès génétiques et agronomiques se sont poursuivis et des variétés à haut rendement ont été mises au point. Malheureusement, les caractéristiques qualitatives de ces

nouvelles variétés se sont parfois révélées insuffisantes pour être utilisées à faire du pain (ou des pâtes alimentaires). Ces variétés dites « non panifiables » se sont néanmoins imposées et ont créé à partir de 1972 un nouveau segment pour l'utilisation du blé : celui de l'alimentation animale. C'est à partir de ce moment que la maîtrise de la qualité d'utilisation est devenue une priorité pour les acteurs de cette filière. Ce sont les industries de première transformation (les meuniers et les semouliers) qui ont progressivement structuré les filières blés en prenant à leur compte les besoins des autres acteurs situés plus en aval. C'est ainsi que la filière blé tendre s'est progressivement organisée pour satisfaire les besoins de la panification française. Pour ce type de panification, il convient d'utiliser des blés de teneur en protéines moyenne (comprise entre 11,5 et 12,5% m.s.) et la qualité des protéines est essentielle. Il faut en effet que les caractéristiques rhéologiques des pâtes boulangères permettent la mise en forme d'une baguette (notion d'extensibilité) et permettent à cette pâte de résister à la poussée du gaz carbonique produit par la levure au cours de la fermentation et à la mise au four (notion de ténacité). Ces caractéristiques généralement mesurées à l'aide de l'alvéographe de Chopin ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques. La qualité des protéines du blé dépendrait de la composition en sous-unités de gluténines de haut poids (élasticité) et de faible poids moléculaire (extensibilité) ainsi que du rapport gliadines/gluténines (Shewry *et al.*, 1986). La variation allélique de ces constituants a été largement exploitée par la sélection variétale pour créer les variétés actuelles. Par ailleurs, les conditions agronomiques sont elles aussi susceptibles de moduler la composition protéique, en particulier la teneur en protéines totales ainsi que la teneur en certaines sous unités protéiques et donc le rapport gliadines/gluténines (Triboi *et al.*, 2000). C'est ainsi que s'est progressivement mis en place un système d'inscription des variétés de blés reposant pour une large part sur la qualité d'utilisation des blés par la meunerie française. Aujourd'hui, plus de 50% des nouvelles variétés inscrites par le Comité Technique Permanent de la Sélection (CTPS) sont classées en qualité supérieure et plus de 90% de la sole de blé est constituée de variétés sélectionnées pour satisfaire la demande de la meunerie française même si celle-ci n'utilise que 20% de la production pour ses

besoins propres. Pour les autres usages du blé (par exemple la biscuiterie), l'effort en matière de sélection est resté bien moindre et seul un système de bonus/malus cherche à ajuster les caractéristiques des blés aux critères des marchés.

Le deuxième facteur d'évolution vers une production de meilleure qualité a été la mise en place de cahiers des charges visant à obtenir une matière première aux caractéristiques qualitatives minimales et régulières. Pour répondre à ces cahiers des charges, les organismes stockeurs (mais aussi les meuniers) ont utilisé les techniques d'allotement des blés à l'entrée de leur silo. L'allotement repose sur l'utilisation de méthodes rapides (par exemple la spectroscopie infrarouge) pour mesurer les principales caractéristiques des lots de blé à l'arrivée au silo (teneur en eau, en protéines, etc.). Sur la base des résultats obtenus, les lots de blé sont mélangés et homogénéisés pour formuler un mélange de plus gros volume répondant au cahier des charges des utilisateurs. Cette pratique est aussi utilisée par les meuniers ainsi que par les industries de seconde transformation (pour les farines) pour lisser les éventuelles fluctuations de leur procédé et de leurs produits finis. Si bien qu'on peut dire que le « mélange » est aujourd'hui devenu le métier de base des industries céréalières. Parmi les effets induits par cette démarche générique à l'ensemble de la filière, se trouve associée la notion de différenciation retardée. En effet, ces mélanges successifs conduisent à l'obtention d'une farine de base de qualité moyenne, standardisée et régulière. L'innovation et la création de produits nouveaux au sein de la filière ne va plus reposer sur les caractéristiques des blés mis en œuvre mais davantage sur celles des ingrédients qui sont ajoutés à cette farine de base. C'est ainsi que s'est développée au cours des 30 dernières années une industrie des ingrédients de panification qui ont eu pour fonction non seulement de corriger les défauts de la farine de base mais surtout de lui apporter de nouvelles caractéristiques sensorielles (couleur, texture, arôme). C'est désormais là que se dégage l'essentiel de la valeur ajoutée dans la filière blé.

Dans ce contexte d'apparente stabilité, caractérisé par une faible variabilité des génotypes, des pratiques culturelles ou encore des modes de transformation, émergent toutefois deux facteurs

susceptibles de faire évoluer la filière blé. Le premier facteur est l'adaptation de la filière à la demande des marchés internationaux et le second concerne davantage l'adéquation des modes de production et de transformation avec les attentes sociétales.

## **Demande de marchés internationaux**

Alors que le marché du blé s'est progressivement internationalisé, l'élaboration des aliments céréaliers demeure encore très régionalisée. Il existe en effet différents types de pains, de pâtes et de biscuits qui se différencient les uns des autres par la formulation et/ou le procédé mis en œuvre. Tous ces produits requièrent la mise en œuvre de farines aux propriétés contrastées pour lesquelles il convient d'élaborer des mélanges de blé capables de satisfaire des demandes parfois très différentes.

Le marché international du blé est en croissance. La consommation mondiale actuelle est estimée à 630 millions de tonnes et on prévoit des besoins supplémentaires de plus de 60 millions de tonnes à l'horizon 2020 (source USDA). Cette augmentation cherchera avant tout à satisfaire les besoins de l'alimentation humaine en lien avec l'évolution démographique. D'un point de vue géographique, la demande devrait progresser dans les pays d'Amérique centrale et Amérique du sud, en Afrique et en Asie du Sud-Est. Les principaux pays exportateurs resteront le Canada, l'Argentine et l'Australie. Les autres pays susceptibles de disposer d'excédents pour répondre à cette demande croissante sont : les États-Unis, la Russie et les pays de la mer noire ainsi que l'Europe.

Au sein de l'Union Européenne, caractérisée par une stabilité de la consommation, la France restera le principal producteur de céréales avec un excédent net qui sera rendu disponible pour les marchés des pays tiers. La France cherchera probablement à maintenir ses positions exportatrices vers le Maghreb et les pays d'Afrique de l'Ouest pour lesquels son taux de pénétration oscille entre 50 et 80%. L'enjeu pour les producteurs français sera de prendre des parts des nouveaux marchés que représentent le Moyen-Orient, l'Afrique australe et l'Amérique du Sud. C'est dans cette perspective que se pose la question de la stratégie à mettre en œuvre pour développer ces



nouveaux marchés. Sera-t-il préférable de chercher à améliorer la compétitivité de la production par les coûts ou davantage par la qualité des produits ?

Selon les données d'Arvalis, le coût de production en France (environ 150 €/t) est équivalent à celui du Canada et des USA. En revanche ceux de l'Argentine, de la Russie, de l'Ukraine ou de l'Australie sont nettement inférieurs (moins de 100 €/t). La compétitivité de la production céréalière française souffre de 2 handicaps majeurs : le taux de charges par hectare qui est environ deux fois plus élevé que celui de ses principaux concurrents et la taille de ses exploitations qui est 3 à 10 fois inférieure. En revanche, le rendement agronomique (t/ha) en France est près de deux fois supérieures à celui de ses principaux compétiteurs. C'est pourquoi les principales organisations professionnelles agricoles considèrent que le maintien de notre compétitivité passe d'abord par un accroissement du rendement agronomique du blé.

En ce qui concerne les attentes qualitatives des marchés internationaux, certaines sont comparables aux attentes du marché national telles que la régularité et l'homogénéité des livraisons. La régularité de l'offre devra néanmoins être améliorée pour rejoindre celle des lots fournis par les grands exportateurs tels que le Canada, par exemple. Par ailleurs, le développement de grandes industries meunières dans les principaux ports d'importation entraînent de nouvelles exigences qualitatives de la part des acheteurs. Cela concerne principalement la valeur meunière c'est-à-dire l'appétitude des blés à fournir un rendement élevé en farine pour une pureté donnée. Dans cette optique, le taux de siccité des blés constitue un élément indiscutable mais d'autres facteurs restent à étudier tels que le rapport amande sur enveloppe que l'on souhaite aussi élevé que possible, la facilité de réduction de l'amande en farine en lien avec l'énergie nécessaire pour la mouture ou encore la séparabilité entre l'amande et les enveloppes qui permet pour le même taux de pureté des farines, d'accroître le rendement en mouture. Néanmoins, pour ces marchés internationaux, un élément déterminant d'achat reste la teneur et la qualité des protéines et du gluten. En effet, une teneur en protéines élevée constitue une sorte d'assurance contre les risques de dys-

fonctionnement, qu'ils viennent de la technicité des boulangers utilisateurs, de l'autorisation ou non d'additifs, de la mécanisation et de l'automatisation des chaînes de production ou encore du développement des techniques de réfrigération. En fait, le marché mondial du blé se décrit aujourd'hui à partir des caractéristiques texturales des grains (dureté ou hardness) et par la teneur en protéines. La dureté de l'amande du grain sert à définir l'usage des blés : Les blés soft sont utilisés en biscuiterie, les « medium » et les « hard » servent à la panification, et les blés durs (Durum) à la fabrication des pâtes alimentaires. Hormis les blés les plus softs, au sein de chaque classe de blé, plus la teneur en protéines est élevée et meilleure serait la qualité d'utilisation. Cette grille de lecture proposée par les pays anglosaxons fait ressortir un avantage qualitatif pour les blés originaires du Canada et des Etats-Unis qui sont à la fois plus « hard » et plus riches en protéines, ce qui les positionnent comme des blés de haute qualité. En revanche, les blés français présentent une dureté intermédiaire (medium hard) et de plus faibles teneurs en protéines. Dans cette classe de dureté, les blés français pourraient être à terme concurrencés sur le marché de l'UE par les blés allemands plus riches en protéines et sur le marché mondial par les blés russes et ukrainiens qui présentent peu ou prou les mêmes caractéristiques qualitatives mais avec un prix de revient nettement inférieur. Néanmoins, pour devenir de réels concurrents, il conviendrait que ces pays maîtrisent mieux leurs conditions de stockage (qualité sanitaire et présence de punaises) ainsi que leur logistique.

Pour faire face à cette évolution prévisible, la filière française de blé envisage d'utiliser comme levier principal l'innovation génétique pour tenter de gagner en compétitivité tout en améliorant les caractéristiques de ses produits. Toutefois, l'innovation variétale ne saurait être considérée comme l'unique levier pour répondre aux attentes des marchés internationaux et d'autres voies sont à envisager. A l'instar du développement des auxiliaires technologiques pour la panification française, la mise au point de nouveaux ingrédients et produits alimentaires intermédiaires (PAI) céréaliers pourraient offrir aux clients de la filière française non seulement des produits mais aussi des services permettant d'optimiser l'emploi des blés

français pour différents usages. Cependant, il faudrait que les coûts de ces ingrédients restent compatibles avec ceux des matières premières. Par ailleurs, des efforts d'intégration verticale de la semence au produit fini (Limagrain) ou à l'inverse du produit fini à la semence (Soufflet) pourraient à terme procurer un avantage compétitif à certains groupes céréaliers engagés dans la compétition internationale.

## Nouvelles attentes sociétales

L'autre tendance qui se dessine pour cette filière correspond à la satisfaction des attentes du consommateur final et du citoyen pour une alimentation plus saine (absence de résidus de traitement et de contaminants dans les produits finis) et plus respectueuse de l'environnement. En effet, la demande qualitative évolue de la seule prise en compte des caractéristiques sensorielles (qualité organoleptique) à d'autres critères tels que la sécurité sanitaire des produits céréaliers, les questions nutritionnelles ou encore les notions d'agriculture et d'alimentation durables. Cette évolution est aujourd'hui de plus en plus prise en compte par le marché national et européen. En revanche, les marchés internationaux ne sont absolument pas concernés par ces nouveaux critères. Ce qui tend à créer une dichotomie, voire une opposition, entre ces deux approches des acteurs de la filière opérant sur différents types de marchés plutôt que de chercher à satisfaire ces deux enjeux.

En ce qui concerne les questions de sécurité sanitaire, les problèmes majeurs pour la filière blé demeurent les teneurs en mycotoxines et en métaux lourds, notamment les teneurs en cadmium pour lesquelles les teneurs maximales admissibles devraient être réduites par un prochain règlement communautaire. Il existe des variations significatives de teneurs en métaux lourds dans les blés et leurs produits dérivés. L'identification des facteurs pédologiques, génétiques et agronomiques à l'origine de ces variations mériterait d'être précisée. Pour les mycotoxines, plusieurs questions se posent et devraient interpeller les agronomes. C'est en particulier l'identification des facteurs qui induisent et modulent l'intensité de la toxinogénèse du fusarium, la compréhension des phénomènes de « hot spot » qui conduit à l'apparition

d'une hyper concentration en mycotoxines dans un endroit précis de la parcelle ou encore les risques d'apparition de nouvelles mycotoxines telles que T2-HT2 et les moyens de lutte pour prévenir ces contaminants.

D'un point de vue nutritionnel, le souhait d'augmenter la densité nutritionnelle du blé a conduit à mettre en place d'importants travaux de recherche en France (Oury et al, 2006) et en Europe (Shewry et al, 2010). Ces travaux ont montré que les teneurs en certains micronutriments des blés, en particulier en minéraux, dépendaient pour certains d'entre eux plutôt de l'origine génétique (magnésium), pour d'autres des conditions agronomiques (Zinc) et souvent de l'interaction entre ces facteurs (fer). La teneur et la composition en fibres dépend elle aussi de l'origine génétique et des conditions agro-environnementales. A terme, la teneur en fibres et notamment la teneur en fibres solubles devrait être augmentée pour répondre aux recommandations du PNNS (Programme National Nutrition Santé). L'enjeu pour la filière céréalière sera alors d'obtenir ces teneurs plus élevées tout en conservant aux produits céréaliers les mêmes propriétés sensorielles (volume de pain et de croustillance) ce qui pourrait conduire à chercher à accroître simultanément les teneurs en fibres et en protéines. Toujours dans une perspective d'alimentation plus durable, plusieurs critères émergent de la demande sociétale. C'est notamment le cas d'une meilleure prise en compte des critères de traçabilité et d'éthique qui visent à mieux identifier et tracer les produits, à favoriser les productions locales, à réduire les « food-miles » ainsi que l'empreinte écologique des modes de production et de transformation des céréales. Ce qui ouvre de nouvelles questions sur l'analyse du cycle de vie des produits céréaliers et une réflexion plus globale pour la mise en œuvre de cycles de production de céréales performants à la fois du point de vue nutritionnel et environnemental.

En matière d'environnement, on considère que les productions céréalières se caractérisent par un faible impact à la tonne produite. Cependant, elles concernent des surfaces importantes et produisent des rejets d'azote et d'herbicides pouvant avoir des conséquences négatives à plus grande échelle notamment sur la gestion de l'eau. D'autres questions environnementales ont émer-

gé ces dernières années, notamment à propos de l'impact des productions céréalières sur la biodiversité, sur la qualité des sols ou encore la consommation d'énergie fossile. Jusqu'à présent, les travaux engagés en la matière ont surtout privilégié les approches factorielles pour chercher à améliorer l'efficacité d'un intrant ou à substituer un intrant par un autre. Désormais, on s'oriente vers des approches plus globales qui cherchent à aller au-delà de la simple juxtaposition de techniques élémentaires pour prendre en compte l'effet de multiples facteurs et de leurs interactions qui pourraient mener à reconcevoir les systèmes de production (Meynard, 2010).

## Conclusions et perspectives

Si déjà dans le passé on a pu opposer dans la filière blé, la quantité de blé produite et sa qualité d'utilisation, les différents leviers de la recherche et du développement ont été en mesure de satisfaire peu ou prou cette double demande. Néanmoins cette amélioration conjointe ne s'est opérée que par une plus grande intensification et artificialisation du milieu qui ont conduit à la situation actuelle. Les nouvelles attentes environnementales ne seront-elles qu'une nouvelle étape incrémentale d'optimisation des modes de production ou faudra-t-il repenser plus en profondeur les modes de production et de transformation des produits céréaliers ?

Pour y répondre, il sera nécessaire d'intégrer des approches adaptées au traitement de problèmes toujours plus complexes. Si pendant longtemps on a considéré que la parcelle était le seul niveau d'approche pour pouvoir optimiser quantité et qualité, on pense désormais que les questions environnementales ne pourront être abordées que par une approche plus globale, à l'échelle territoriale. Pour tenter de résoudre les problèmes de qualité d'utilisation des productions céréalières, il faudra là aussi envisager un changement d'échelle et ne plus considérer la parcelle mais davantage le produit délivré par cette parcelle, le grain de blé.

Dans cette optique se pose tout d'abord la question de l'identification des éléments fonctionnels qui déterminent la qualité d'utilisation du grain. Cela devrait conduire à engager une démarche pluridisciplinaire (entre généticiens, agronomes,

biologistes, physicochimistes et technologues) pour aborder l'écophysiologie de la qualité des blés et tenter de préciser les mécanismes d'élaboration de cette qualité et l'étude des facteurs influents. En restant au niveau du grain plusieurs questions se posent : est-il possible de moduler les flux d'azote et de carbone pour obtenir la teneur en protéines souhaitée ? Est-il possible de contrôler la dynamique d'assemblage des protéines au cours du développement des grains pour obtenir la qualité des protéines requise ? Est-il possible de contrôler la variabilité de composition et des propriétés d'une population de grains issus d'un même épi, d'une même plante, de deux plantes voisines sur une même parcelle, etc.

Une deuxième série de questions concerne davantage les aspects organisationnels des filières céréalières et la gestion des populations de grains qu'elles génèrent. Les filières céréalières françaises doivent-elles rester sur un marché de « commodity » en perfectionnant le mélange des blés et en cherchant à améliorer leur compétitivité par une réduction de leurs coûts de production, ou plutôt s'orienter vers un marché de spécialités ? Dans cette seconde hypothèse, la question qui se pose concerne les méthodes et outils à développer pour répondre aux besoins de segmentation des marchés et pour assurer une meilleure traçabilité des lots. Considérant la diversité des caractéristiques et des propriétés au sein d'une population de grains, ne serait-il pas envisageable de mettre au point des outils de tri grain par grain et à haut débit qui permettraient de classer les grains en fonction de leur destination future. Un tel développement constituerait une alternative aux pratiques actuelles de mélange des blés avec un double intérêt : celui de réduire la variabilité des récoltes en même temps que d'offrir à l'amont de la filière les moyens de contribuer réellement à la différenciation des produits et capter ainsi une part plus significative de la valeur ajoutée.

Au-delà des questions de recherches prioritaires pour relever le défi de répondre à la fois aux besoins des différents marchés et aux attentes en matière d'impacts environnementaux, se posent aussi des questions liées à la coordination entre dynamique territoriale et logique industrielle et leurs conséquences sur l'évolution de

l'organisation des filières céréalières (voir Le Bail & Le Gal dans ce numéro).

## Bibliographie

Abecassis, J., Bergez, J.E., Aizac, B., Charcosset, A., Dedryver, C.A., Grefeuille, V., Jacquet, F., Jez, C., Lessire, M., Rastoin, J.L., Rousset, M., 2009. Les filières céréalières. Organisation et nouveaux défis. INRA. Editions QUAE, 165 pages.

Meynard, J.M. 2010. Réinventer les systèmes agricoles : quelle agronomie pour un développement durable ? In: Dominique Bourg et Alain Papaux (Eds), Vers une société sobre et désirable. Paris : Presses Universitaires de France et Fondation Nicolas Hulot. 342-363

Oury, F.X., Leenhardt, F., Rémésy, C., Chanliaud, E., Duperrier, B., Balfourier, F., Charmet, G. 2006. Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentrations in bread wheat. *European Journal of Agronomy*. 25(2), 177-185.

Shewry, P.R., Tatham, A.S., Forde, J., Kreis, M., Mifflin, B.J. 1986. The classification and nomenclature of wheat gluten proteins : A reassessment. In: *J. Cereal Science*, 4(2), 97-106.

Shewry, P.R., Piironen, V., Lampi, A-M., Edelman, M., Kariluoto, S., Nurmi, T., Fernandez-Orozco, R., Ravel, C., Charmet, G., Andersson, A. M., Åman, P., Boros, D., Gebruers, K., Dornez, E., Courtin, C.M., Delcour, J.A., Rakszegi, M., Bedo, Z., Ward, J.L., 2010. The HEALTHGRAIN Wheat Diversity Screen: Effects of Genotype and Environment on Phytochemicals and Dietary Fiber Components. In : *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(17), 9291–9298.

Triboi, E., Abad, A., Michelena, A., Lloveras, J., Ollier, J.L., Daniel C. 2000. Environmental effects on the quality of two wheat genotypes: 1. quantitative and qualitative variation of storage proteins. In: *European Journal of Agronomy* 13, 47–64