

Décembre 2014  
volume n° 4 / numéro n° 2  
www.agronomie.asso.fr

# Agronomie

## environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie



## Variétés et systèmes de culture

Quelle co-évolution ? Quelles implications pour l'agronomie et la génétique ?

ASSOCIATION FRANÇAISE  
AGRONOMIE

# 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

Marc BENOÎT, président de l'Afa, Directeur de recherches, Inra

## Rédacteur en chef

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

## Membres du bureau éditorial

Pierre-Yves LE GAL, chercheur Cirad

Hervé SAINT MACARY, directeur adjoint du département Persyst, Cirad

Philippe PRÉVOST, directeur Agreenium Université en ligne

Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

## Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, directeur de recherches Inra

- Valentin BEAUVAL, agriculteur

- Jacques CANEILL, directeur de recherches Inra

- Joël COTTART, agriculteur

- Thierry DORÉ, professeur d'agronomie AgroParisTech

- Sarah FEUILLETTE, cheffe 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 du service agriculture-environnement Chambre d'agriculture 71

- Marie-Hélène JEUFFROY, directrice de recherche Inra et agricultrice

- Aude JOMIER, enseignante d'agronomie au lycée agricole de Montpellier

- Jean-Marie LARCHER, responsable du service Agronomie du groupe Axérial

- 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 Chambray, EPLEFPA de l'Eure

- Christine LECLERCQ, professeure d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais

- Adeline MICHEL, Ingénieure du service agronomie du Centre d'économie rurale de la Manche

- Philippe POINTEREAU, directeur du pôle agro-environnement à Solagro

- Philippe PRÉVOST, directeur Agreenium Université en Ligne

- Hervé SAINT MACARY, directeur adjoint du Département Persyst, Cirad

## Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

## Assistantes 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

## P7// Avant-propos

O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef) et M. BENOÎT (Président de l'Afa)

## P9// Édito

M.H. JEUFFROY, D. BAZILE, V. BEAUVAL, X. PINOCHET et T. DORÉ (coordonnateurs du numéro)

## P11// Objectifs de production et variétés

P13- Variétés et itinéraires techniques du blé : une évolution vers la diversification

A. GAUFFRETEAU (Inra), G. CHARMET (Inra), M.H JEUFFROY (Inra), J. LE GOUIS (Inra), J.M. MEYNARD (Inra), B. ROLLAND (Inra)

P23- Variétés et systèmes de culture de tomate : les apports conjoints de la génétique et de l'agronomie

F. LECOMPTE (Inra) et M. CAUSSE (Inra)

P35- Réflexions sur l'évolution des cépages et des modes de conduite de la vigne dans le saumurois

A. HILLAIRE (Vigneron)

P37- L'inscription au catalogue officiel : un outil évolutif au service d'une agriculture durable

F. MASSON (GEVES), C. LECLERC (GEVES)

P47- Etude préliminaire à la caractérisation du comportement des variétés de colza oléagineux d'hiver dans des itinéraires techniques particuliers sur la base du réseau CTPS existant

(Article dont la première publication a été faite dans la revue en ligne Innovations agronomiques, volume 35 / Mai 2014)

P. BAGOT (GEVES), F. SALVI (CETIOM), J. GOMBERT (GEVES)

P55- Quelle place de la génétique dans le futur avec la perspective d'augmenter la production et d'apporter une contribution positive à l'environnement : exemple des céréales

P. GATE (ARVALIS Institut du végétal)

## P63// Explorer la relation Génotype x Environnement

P65- Conception d'idéotypes variétaux en réponse aux nouveaux contextes agricoles et environnementaux

P. DEBAEKE (Inra), A. GAUFFRETEAU (Inra), C.E. DUREL (Inra), M.H. JEUFFROY (Inra)

P75- De l'interaction G x E aux interactions G x Y x L x C x R x D x S x A : une approche participative et pluridisciplinaire

D. DESCLAUX (Inra), Y. CHIFFOLEAU (Inra), J.M. NOLOT (Inra)

P85- Effets de la latitude sur l'expression du photopériodisme du mil et du sorgho : validation des cartes d'adaptation variétale au Mali

A. FOUNÉ (Icrisat, Mali), M. SAKO (Cirad), M. VAKSMANN (Université Paris 8), M. KOURESSY (IER, Mali)

## P95// Quelles perspectives offre la prise en compte des aspects spatio-temporels de la diversité génétique ?

P97- Variétés et systèmes de culture : élargissement des échelles spatiales, quelques exemples pour les espèces oléagineuses

X. PINOCHET (CETIOM)

P103- Associer des variétés pour la production et maîtriser les maladies

T. VIDAL (Inra), C. GIGOT (AgroParisTech), M. BELHAJ FRAJ (ICBA, Dubaï), M. LECONTE (Inra), L. HUBER (Inra), S. SAINT-JEAN (AgroParisTech), C. DE VLLAVIEILLE-POPE (Inra)

P113- Le mélange de variétés en blé : une pratique devenant plus fréquente

E. DENIS (CIVAM Sarthe)

P115- Impact de la diffusion d'une variété améliorée de sorgho au Mali : interaction avec les variétés locales

M. KOURESSY, S. SISSOKO, N. TÉMÉ, M. DEU, M. VAKSMANN, Y. CAMARA D. BAZILE, A. F.M. SAKO, A. SIDIBÉ

## P125// Quel potentiel de modèles alternatifs d'amélioration des plantes ?

P127- Questions induites par la diffusion des variétés de tournesol tolérantes à des herbicides de la famille des inhibiteurs de l'ALS

V. BEAUVAL (Agriculteur)

P135- Les variétés de soja tolérantes aux herbicides, moteur de la spécialisation agricole dans la région pampéenne argentine

C. SALEMBIER (Inra), S. GROSSO (UNL, Argentine), J.M. MEYNARD (Inra)

P143- Inscription d'une variété de sorgho obtenue par sélection participative au Mali dans des projets multi-acteurs

T. LEROY (Cirad), O. COUMARE (AOPP – Mali), M. KOURESSY (IER – Mali), G. TROUCHE (Cirad), A. SIDIBE (IER – Mali), S. SISSOKO (IER – Mali), A. TOURÉ (IER – Mali), T. GUINDO (COAP – Mali), B. SOGOBA (AMEDD – Mali), F. DEMBELÉ (GRAADECOCOM – Mali), B. DAKOUO (UACT – Mali), M. VAKSMANN (Cirad), H. COULIBALY (IER – Mali), D. BAZILE (Cirad), D. DESSAUW (Cirad)

P153- Mise en œuvre de nouvelles stratégies de sélection du sorgho pour les régions marginales et à forte contrainte climatique du Mali

A. BOUBACAR (IER – Mali), A. DAOU (Icrisat – Mali), E. WELTZIEN (Icrisat – Mali), B. DAKOUO (UACT – Mali), B. SOGOBA (AMEDD –

Mali), O. NIANGALY (IPR/IFRA – Mali), S.B. COULIBALY (IER – Mali), H. Moussa MAIGA (USTT – Mali), B. KONÉ (UACT– Mali), H. MAIGA (AMEDD – Mali), G. TROUCHE (Cirad), K. VOM BROCKE (Cirad)

P165- Mobiliser la diversité génétique pour un choix variétal plus large ; blocages et opportunités en agronomie et en génétique  
C. BILLOT (Cirad), C. LECLERC (Cirad), S. LOUAFI (Cirad), A. BARNAUD (Ird), X. PERRIER (Cirad)

**P169// Annexe**

P171- Appel à contribution du numéro

**P173// Note de lecture**

P175- La palme des controverses – Palmier à huile et enjeux de développement (A. Rival et P. Lelang, Editions QUAE, 2013)  
T. DORÉ (AgroParisTech)

**P177// Texte hors thématique du numéro**

P179- Les « carnets de plaine » des agriculteurs : une source d'information sur l'usage des pesticides à l'échelle de bassins versants  
C. SCHOTT (Inra), F. BARATAUD (inra), C. MIGNOLET (Inra)



## Coévolution des notions de Génotype, d'Environnement et de leurs interactions : approche participative et pluridisciplinaire

*Co-evolution of notions of Genotype, Environment and their interactions: participatory and pluridisciplinary approach*

Dominique DESCLAUX<sup>1\*</sup> - Yuna CHIFFOLEAU<sup>2</sup>  
Jean-Marie NOLOT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Inra- UE 0398- DiaScope- Domaine de Melgueil - 34130 Mauguio

<sup>2</sup>Inra-UMR Innovation - 2, Place Pierre Viala - 34060 Montpellier Cedex 2

<sup>3</sup>Inra-UMR Agir - 24, chemin de Borde-Rouge - CS 52627 - 31326 Castanet Tolosan

\*Auteur correspondant : dominique.desclaux@supagro.inra.fr

### Résumé

Variétés et systèmes de culture sont, dans cet article, abordés sous l'angle de la coévolution des notions de Génotype (G), d'Environnement (E) et de leurs interactions.

Plusieurs disciplines confrontent leurs points de vue en ciblant l'analyse sur l'évolution de la perception des G et E par les acteurs de l'amélioration des plantes.

Entre la définition officielle actuelle de la variété « produit commercial dont l'obteneur doit contrôler l'utilisation et se garantir de contrefaçons » et la définition de « bien commun » qu'elle avait autrefois, l'histoire avance... au gré des perceptions que les Hommes ont de leur environnement agro-écologique et social. Le E classiquement structuré en année x lieu (YxL) et conduite de culture (C), devient E intégrant les diverses composantes socio-économiques (RxMxSxA) (Règlementation x Marché x Société x Acteur). Par conséquent, le génotype G évolue ainsi que l'interaction GxE qui, de « résidu d'une analyse de variance » à minimiser, devient « objectif » à prédire et valoriser.

Ces diverses façons de penser les environnements et les variétés, encouragées par le développement de l'économie de la qualité, la diversification des agricultures et l'émergence de nouvelles valeurs sociétales, appellent à raisonner des schémas alternatifs au système conventionnel d'amélioration des plantes. La sélection participative est discutée ici non seulement en tant que niche d'innovation mais aussi comme vecteur de connaissance et de structuration de l'environnement agro-écologique et socio-économique. Elle forme un cas intéressant pour raisonner l'articulation entre reconnaissance des compétences individuelles et renouvellement du lien entre individus et collectif au cœur des dynamiques sociétales contemporaines, et pour appréhender la multiplicité des perceptions de G et de E entre les différents acteurs concernés.

### Mots-clés

Interaction GxE, sélection participative, blé, coévolution.

### Abstract

Varieties and cropping systems are here approached by the way of the coevolution of notions Genotype (G), Environment (E) and of their interactions.

Some disciplines confront their points of view by targeting the analysis on the evolution of G and E perception by the plant breeding actors.

Between the current official definition of the variety "commercial product for which the breeder has to check the use and to protect from imitations" and the previous definition of "common good", the history moves forward according to the perceptions the people have of their agro-ecological and social environments. E which was structured into year x location (YxL) and cropping system (C), becomes E integrating the diverse socioeconomic components (RxMxSxA) (Rules x Market x Society x Actor). Consequently, G evolves as well as the GxE interactions, which from "residual of analysis of variance" to minimize, becomes "objective" to predict and to value.

These diverse manners to think about the environments and the varieties, encouraged by the development of quality economy, the farming systems diversification and the emergence of new societal values, call for alternative systems of plants improvement. The participatory plant breeding is discussed here not only as an innovation niche but also as a vector of knowledge and structuration of the agro-ecological and socioeconomic environment. It trains an interesting case to join recognition of individual skills and renewal of the link between individuals and collective in the heart of the contemporary societal dynamics, and to dread the multiplicity of G and E actors' perceptions.

### Key-words

GxE interactions, PPB, wheat, co-evolution.

### Introduction

Partant du thème de ce numéro spécial sur les interactions variétés x systèmes de culture, des chercheurs de disciplines diverses (génétique, agronomie et sociologie) associent, dans cet article, leur regard afin de rendre compte, dans une première partie, comment les différents acteurs d'une filière végétale française perçoivent ces interactions et plus largement les interactions Génotype (G) x Environnement (E).

Dans une deuxième partie, ils présentent la manière dont ces interactions s'inscrivent dans différents modèles d'agriculture en se dotant des outils et moyens de les contrôler et les valoriser. De la simple notion de GxE que les programmes de sélection cherchent à minimiser, en passant par la notion de G x Y(year) x L(location) puis par celle de GxE x C (conduite de culture), il s'agit de montrer la nécessité d'intégrer la complexité systémique de l'interaction GxYxLxCxR(réglementation)xM(marché)xS(société)xA(acteur) et de discuter des démarches permettant de l'appréhender, à travers des schémas renouvelés d'amélioration des plantes intégrant notamment la sélection participative.

Ainsi est abordée ici non pas uniquement la coévolution des variétés et des systèmes de culture, mais plutôt la coévolution de leurs notions perçues par des acteurs et des disciplines différentes. Des exemples empruntés aux céréales et clairement positionnés dans un contexte français servent de toile de fond à l'ensemble de l'article.

## Coévolution variété x environnement : points de vue de linguistes, historiens et anthropologues

En préambule, il paraît pertinent de présenter quelques homonymies. En considérant l'ensemble de ses champs d'application, il faut souligner que rien n'est plus varié que la définition du mot « variété » : en algèbre universelle, une variété est une classe équationnelle, c'est-à-dire une classe  $K$  non vide de structures algébriques de même signature qui satisfont un ensemble d'identités ; au niveau musical, la variété constitue un genre populaire, la différenciant de la musique classique ; en philatélie, une variété est une modification accidentelle de l'aspect d'un timbre-poste lors de sa fabrication et de son impression ; en linguistique, une variété est une forme de langue qui se distingue des autres formes de façon systématique et cohérente ; en biologie, elle est définie comme un groupe d'organismes similaires au sein d'une espèce, qui visiblement diffèrent des autres membres de cette espèce. Bien que comprenant le terme 'varié' en son sein, il s'avère que, quel que soit le domaine étudié, la variété apparaît intrinsèquement uniforme (une classe, un genre, une modification, une forme, un groupe d'organismes similaires). La diversité ou variation n'apparaît pas au niveau intra-variétal mais plutôt au niveau inter-variétal. Elle naîtrait donc de l'identification d'au moins deux variétés.

En Europe, jusqu'au 19<sup>ème</sup> siècle, origine géographique et usages locaux constituent la carte d'identité de la variété cultivée. Son « morphotype » est maintenu conforme grâce au choix des semences que réalise l'agriculteur à la récolte pour la saison suivante. Sélection naturelle, migration, dérive et mutation sont les dynamiques biologiques et sociales impactant la parcelle cultivée et générant une relative variabilité entre individus. Au 20<sup>e</sup> siècle, un tournant intervient de façon concomitante avec la mise en œuvre du Plan Marshall. Ce Plan dont le lancement a été contemporain de l'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) en 1945 a fortement encouragé la standardisation industrielle et la diffusion d'un modèle homogène de développement. Le secteur agricole se calque sur le modèle fordiste industriel, par une segmentation claire des métiers. Le secteur semencier n'y échappe pas et la sélection devient affaire de spécialistes (Bonneuil et Thomas, 2009). Le lien direct entre l'amélioration de la plante cultivée et le paysan se rompt. L'organisation actuelle du secteur semencier autour d'instances officielles paritaires entre sélectionneurs, utilisateurs et pouvoirs publics est toujours identique à celle qui prévalait lors de leur mise en place en 1942. C'est en effet le 22 février 1942 que paraît le décret instituant le Comité Technique Permanent de la Sélection des plantes cultivées (CTPS) et mettant fin au Comité de Contrôle des Semences (CCS). Ce changement d'appellation en apparence anodin est en fait majeur. Il fonde « le passage de la notion de « semences » à la notion de « variété » pour en faire un véritable outil de travail, porteur du progrès agricole. » (Boulineau et Leclerc, 2013).

## Co-évolution variété x environnement : point de vue de sélectionneurs

« L'histoire de la sélection, chez la plupart des espèces végétales améliorées, a conduit à une perte de diversité du peuplement végétal dans le champ de l'agriculteur en passant des variétés populations hétérogènes génétiquement aux variétés modernes souvent réduites à un Génotype » (Galais, 2013). Pour un sélectionneur, le terme « variété » est l'aboutissement de 15 à 20 ans de sélection et n'est prononcé que lorsque le clone, la lignée ou l'hybride a réussi les examens éliminatoires de la DHS<sup>1</sup> et de la VATE<sup>2</sup>, organisés par le CTPS.

Dans les étapes précédentes du programme de sélection, le terme « génotype » (**G**) est plus largement usité. Cependant, sous son apparente simplicité, il recouvre, selon l'étape considérée, un sens tout à fait différent à l'instar du concept d'environnement (**E**) qui lui est associé (tab. 1).

Au démarrage d'un programme de sélection, le **G** est un idéotype nécessitant pour sa mise en œuvre la connaissance fine d'un **G** - ressource génétique utilisée en croisements -, qui devient **G** - effet principal - déterminé par sa valeur en ligne de pépinière (plantes individuelles), puis en micro-parcelle (peuplement végétal), pour finir **G** - variété commerciale et propriété intellectuelle.

En miroir de cette diversité de **G**, l'environnement **E** est différencié selon ses composantes agro-écologique et socio-économique.

Du **E** génome dans lequel sont introduits les gènes recherchés, jusqu'au **E** cible de diffusion, l'environnement agro-écologique caractérise les stations de sélection aussi bien que le réseau d'expérimentation. Le risque de ce découpage, le plus souvent implicite, du concept d'environnement agro-écologique est de perdre de vue la "zone d'inférence" associée au travail fait en stations, définissant l'ensemble des situations auxquelles les résultats seront généralisables (Clarck, 1999).

Parallèlement, le **E** socio-économique est d'abord contraint par une réglementation générale **R** puis segmenté selon le marché ciblé **M**, qui peut avoir aussi ses propres règles **R**, et repose sur des compétences et moyens spécifiques selon les acteurs **A** associés.

<sup>1</sup> Distinction, Homogénéité, Stabilité

<sup>2</sup> Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale

Étapes	G	E agro-écologique	E socio-économique
Définition des objectifs de sélection	Idéotype Combinaison de caractères d'intérêt	<b>YxLxC</b> : situations culturales cibles homogénéité ou diversité et aléas	<b>M</b> : utilisation, qualité marché visé : aléatoire <b>R</b> : Réglementation : fixe
Création de variabilité	Ressources génétiques / Croisements Relation entre caractères et gènes d'intérêt	<b>GxG</b> : Contexte génomique Interactions entre gènes	<b>R</b> : Contexte d'accès aux ressources génétiques évaluées (publiques, privées)
Sélection	Effet principal G = Ad + Do + I Repérer les recombinaisons favorables	Station de sélection Discrimination et représentativité (zone d'inférence)	<b>A</b> : Compétences et moyens Contrainte d'efficacité, de professionnalisme
Évaluation et inscription	Lignées fixées Cotation du phénotype	Réseau expérimental Représentativité et discrimination	<b>R</b> : Réglementation Inscription certification du résultat
Diffusion	Variété commerciale, distincte, homogène et stable et présentant un progrès génétique...	Zone de démonstration, recommandation "zone d'inférence"	<b>R</b> : Protection des obtenteurs et usagers, <b>M</b> : marché (contrat, coût semence et conseil)

Légende : Ad valeur génétique additive, Do valeur de dominance, I valeur d'épistasie (cf. définition en note de bas de page n°3)

A acteurs, C conduites de culture, E environnement, G génotype, L lieu, M marchés, R Réglementation, Y année

**Tableau 1 : Concepts de Génotype et Environnement associés à chacune des cinq étapes d'un schéma de sélection conventionnel (d'après Sperling et al., 2001)**

Pour des raisons économiques, l'objectif majeur des programmes de sélection est en général de rechercher des variétés capables de diffuser très largement et donc adaptées à des méta- environnements. Cette recherche d'adaptation large conduit à minimiser les interactions **GxE**. Bien que ces interactions aient une réalité génétique, sous-tendue par des hypothèses de super dominance, de pléiotropie ou d'épistasie<sup>3</sup>, elles ne sont perçues par le sélectionneur qu'à travers un terme de l'analyse de variance, significatif ou non, représentant l'écart à l'additivité. Il signifie que « selon le milieu, l'ensemble des gènes d'un génotype ne s'exprime pas de la même façon » (Gallais, 1990). Ainsi, pour minimiser les interactions, le sélectionneur cherchera à structurer les **E**. Quelques possibilités les plus usuelles de structuration sont présentées ci-dessous.

### Structuration spatio-temporelle de l'environnement E = Y x L

Une pratique courante en sélection est de réduire le terme E aux coordonnées **Y x L** (Année x Lieu) de l'espace dans lequel est placé l'essai. Il est alors usuel de chercher à regrouper les **E** en « macro-milieus » (méta-environnements) à l'intérieur desquels le sélectionneur espère que l'interaction est négligeable (Yan et Hunt, 2001). Les premières publications sur ce découpage du terme **E** apparaissent dans les années 50. Cela correspond aux pratiques actuelles d'homologation des variétés dans un territoire national

<sup>3</sup> Le modèle de super-dominance sous tend que la plasticité d'un génotype, c'est-à-dire la variation de son expression selon l'environnement, serait une fonction décroissante de son degré d'hétérozygotie. Dans le cadre du modèle pléiotropique, la plasticité d'un génotype est fonction de l'expression différentielle d'un même gène dans différents environnements. L'épistasie permet d'expliquer que la plasticité d'un génotype est due à l'interaction entre des gènes qui déterminent l'amplitude de sa réponse aux effets environnementaux et ceux qui déterminent l'expression moyenne du caractère.

découpé en zones agro-climatiques (Réseaux Nord / Sud du CTPS) qualifiées homogènes, à l'intérieur desquelles sont pratiqués des essais multilocaux dont les résultats sont moyennés. Cette approche simpliste de catégorisation des environnements ne résiste pas à la nécessité d'une prise en compte plus fine de l'environnement.

En effet, si **E** intègre non seulement le climat et le sol, mais aussi la présence d'adventices et de bioagresseurs, il ne peut être déconnecté de la conduite de culture **C**.

### Prise en compte de la conduite de culture : les IGEC français ou GxExM anglophone

La conduite de culture (**C**) (ou « management » (**M**) des anglophones) peut modifier ou contrôler **E** par le choix des rotations, dates de semis, fertilisation, irrigation, application de produits phytosanitaires. **C** contribue ainsi à atténuer ou exacerber les facteurs limitants de **E** selon que le sélectionneur souhaite exprimer le potentiel ou les limites des variétés **G**. L'IGEC (interaction **GxExC**) prend tout son sens car la variété contribue aussi à façonner l'environnement biophysique, par sa dynamique de colonisation du milieu, sa dynamique d'absorption de l'eau et de l'azote, son équilibre rendement qualité, sa vigueur végétative, sa compétitivité vis-à-vis des adventices, sa contribution au microclimat intra végétation plus ou moins favorable aux maladies, sa phénologie et sensibilité aux accidents climatiques ou parasites, etc....

### Structuration de l'environnement E sur la base des génotypes G

Cette approche, largement utilisée par les biométriciens (Yates et Cochran, 1938 ; Finlay et Wilkinson, 1963), utilise la performance moyenne de l'ensemble des variétés dans un milieu pour le caractériser. **E** est alors décrit par **G**. L'index environnemental dépend dès lors du groupe de génotypes en test. On ne peut prédire ce qui se passera pour un nouveau milieu, sans y mesurer préalablement le rendement moyen avec les mêmes génotypes que ceux de l'expérimentation. La description de l'interaction **GxE** est aussi facilitée par la méthode appelée AMMI (additive main effectifs, multiplicative interactions) (Gauch, 1992), mais celle-ci ne permet pas davantage de prédictions.

Lorsque les environnements **E** sont structurés en méta-environnements (**YxLxC**), l'objectif du sélectionneur est de standardiser et d'uniformiser chaque **E**. En effet, le progrès génétique étant proportionnel à l'héritabilité du caractère recherché, le sélectionneur va chercher à maximiser l'héritabilité en réduisant la variance environnementale. Pour cela, il cherchera à adapter l'environnement **E** à **G**, en évitant tout facteur limitant. Il pourra ainsi jouer sur le mode de culture **C** par apport d'intrants ou d'irrigation notamment, de façon à compenser les variabilités des composantes **Y** et **L**.

### Transition

Après ce point de vue de sélectionneur, pourraient être déclinés les points de vue de l'ensemble des acteurs d'une filière. Ainsi pour l'établissement multiplicateur, la variété serait un nombre d'hectares ; pour l'institut technique, un cultivar dans la base de données post-inscription ; pour la



coopérative, un volume dans un silo ; pour l'agriculteur, un contrat ; pour l'industriel une matière première, et pour l'utilisateur final (le plus souvent les consommateurs), un produit pouvant avoir diverses caractéristiques nutritionnelles et culturelles, voire des usages non alimentaires.

Pour épargner au lecteur une litanie sans fin, est ici présenté un point de vue qui nous semble non seulement intégrateur de l'ensemble d'une filière végétale mais aussi reflet plus global du contexte sociétal, à une période donnée. Le point de vue choisi est celui du CTPS, et pour ne pas le trahir, nous empruntons un grand nombre d'extraits à l'excellent article de Boulineau et Leclerc (2013). Les titres cherchent à croiser la perception de la variété et de l'environnement au CTPS, avec les dynamiques sociétales aux différentes époques (Bajoit, 2003, Martucelli, 2010).

## **Co-évolution des notions de variété x environnement au CTPS**

### **Les années 30 : Reconstruction et spécialisation**

#### **La variété = Semence, l'environnement = Silo**

Le comité de contrôle des semences (CSS) présent jusqu'en 1942, date à laquelle il est remplacé par le CTPS, ne s'intéresse pas aux variétés en tant que telles mais aux semences et à l'état des stocks au niveau national. Il est toutefois chargé de dresser une première liste des variétés de blé cultivées (« catalogue synonymique ») et définit les normes de qualité - pureté variétale et taux de germination - d'un « blé de semence ». Le décret du 8 juillet 1923 fixe les conditions d'inscription d'une nouvelle variété de blé. Le décret du 26 mars 1925 sur la répression des fraudes interdit la vente de semences de blé autrement que sous leur nom variétal tel qu'il est enregistré dans le registre.

Pour éviter les fraudes sur les semences, il apparaît nécessaire de décrire la semence et dès les années 30, sont rédigées les premières recommandations en matière d'études DHS (Distinction, Homogénéité, Stabilité). La cotation VAT (Valeur Agronomique et Technologique) n'apparaîtra que 20 ans plus tard.

### **Les années 60 : Productivité et technicité**

#### **La variété = Précocité, l'environnement = Région de culture**

À cette période, apparaît, au CTPS, la segmentation par groupe de précocité et les variétés sont inscrites avec mention expresse de leur précocité. Cela permet « la mise sur le marché de variétés diversifiées répondant aux conditions régionales de culture » (Boulineau et Leclerc, 2013). Aujourd'hui encore, perdure au CTPS la possibilité d'évaluer les variétés de blé tendre en zone Nord ou en zone Sud de la France. La structuration du réseau d'évaluation variétale sur la précocité est plus fine pour le maïs (groupes de A à E) pour lequel le rendement est l'objectif dominant sous contrainte de températures suffisantes pour permettre la maturation du grain.

### **Les années 80 : Marchandisation et différenciation**

#### **La variété = Qualité, l'environnement = Marché**

« Dans les années 1960-1970, la segmentation qualitative du marché blé tendre se résumait à une classification des blés

en blé panifiable ou blé fourrager. À partir des années 1980, l'évolution du règlement technique « Céréales à Paille » du CTPS a permis de distinguer les blés panifiables supérieurs (BPS), les blés panifiables courant (BPC) et les blés à autres usages (BAU), segmentation correspondant à la demande des marchés avec une orientation marquée vers les BPS. À partir des années 1990, la segmentation qualitative du marché devient l'objectif principal de la filière tout en maintenant productivité et régularité par des seuils adaptés à chaque classe technologique » (Boulineau et Leclerc, 2013). De la même manière, en blé dur, une grille de classement technologique toujours en vigueur permet de distinguer 5 classes : variété de qualité courante avec défaut majeur (BD), variété de qualité courante (BDM), variété ayant de bonnes caractéristiques en teneur en protéine et mitadinage (BDP), variété ayant de bonnes caractéristiques en indice de jaune, indice de brun et moucheture (BDC), variété sans défaut (BDHQ). Ce critère de qualité technologique n'a cessé, depuis les années 80, de prendre du poids dans l'évaluation variétale notamment sous l'influence de la filière aval présente dans la section céréales à paille du CTPS. La pondération par des malus ou bonus appliqués dans la cotation VAT des blés peut assez fortement influencer la décision finale d'inscription d'une variété. En blé dur, la prime qualité décidée au niveau européen renforce encore ce processus et une variété qui ne démontre pas *a minima* les caractéristiques technologiques d'un type BD ne peut prétendre être inscrite sur la liste des variétés donnant droit à cette prime.

### **Les années 90 : Société du risque et recherche d'adaptation**

#### **La variété = Tolérance, l'environnement = Pathogènes**

« Les essais de rendement en céréales à paille et notamment en blé tendre sont conduits depuis de nombreuses années selon deux modalités : une conduite dans les conditions normales de culture de la région, une conduite sans traitement fongicide pour permettre aux maladies de s'exprimer. Les bonifications et pénalités instaurées en 1990 selon cet écart entre « traité » et « non traité » ont été renforcées en 1994. À ce dispositif s'est ajoutée l'étude des facteurs de régularité du rendement (FRR) comme la verse ou la résistance aux maladies appelée aujourd'hui tolérance aux bioagresseurs. La tolérance des variétés aux différentes races de rouilles, à la septoriose, à la fusariose, à la carie et au piétin verse est également évaluée depuis de nombreuses années dans des essais en contamination artificielle et dans les réseaux d'essais d'évaluation du rendement. Le principe des bonus/malus a été intégré dans les règles de décision et est toujours utilisé à ce jour » (Boulineau et Leclerc, 2013).

### **Les années 2010 : singularisation et diversité**

#### **La variété = Efficience, l'environnement = Azote**

« Un dispositif a été mis en place à l'automne 2012 dans le cadre du réseau CTPS d'inscription des variétés de blé tendre pour évaluer l'efficience en azote des variétés. Au côté du réseau classique « traité/non traité » sont implantés 4 lieux d'essais conduits selon 3 modalités : 2 répétitions à la dose d'azote recommandée N, 2 répétitions à N-80, 2 répéti-

tions à N+40, l'objectif étant de caractériser pour chaque variété les besoins en azote à l'optimum de leur potentiel de rendement » (Boulineau et Leclerc, 2013).

Aujourd'hui, le site internet du GEVES<sup>4</sup>, dans sa page d'accueil du Service d'Etudes des Variétés, indique : « Une variété est un produit commercial, l'utilisateur doit pouvoir le reconnaître et l'obteneur contrôler son utilisation et se garantir de contrefaçons ».

L'évolution chronologique des perceptions de la variété et de son environnement au CTPS est un excellent reflet, bien que décalé dans le temps, des perceptions de l'ensemble d'une filière et permet d'imaginer les variétés disponibles à chaque époque pour les agriculteurs.

## Co-évolution des notions de variété x environnement pour l'agriculteur

Dans le système officiel actuel, l'agriculteur a une première approche de la variété qu'il va cultiver au travers du catalogue national ou européen des semences et des plants. L'obtention de la prime qualité pour le blé dur ou de la certification agriculture biologique, est conditionnée à l'achat de semences certifiées, c'est-à-dire issues d'une variété inscrite au catalogue et dont la multiplication est placée sous contrôle du SOC<sup>5</sup>. Même si la prise en compte des critères de FFR<sup>6</sup> et de qualité est effective, le critère « productivité » reste perçu comme dominant dans la cotation des variétés. Il est à souligner que la perception que l'agriculteur a de son environnement va fortement influencer sur sa perception de la notion de variété et sur son choix variétal. Quatre cas permettront d'illustrer ce propos.

### • 1<sup>er</sup> cas : L'agriculteur adapte l'environnement de culture à la variété

**L'environnement = des unités d'intrants**

**La variété = le progrès génétique choisi dans le catalogue français ou européen**

Ce premier cas, en fort développement en France depuis les années 50, est symptomatique de l'arrivée de la mécanisation permettant l'intensification technologique. « Je me situe dès l'année 50, date à laquelle je faisais mes premiers pas dans ce métier [...] Produire du blé paraît facile, mais les rendements étaient faibles et irréguliers et le poids spécifique était le seul critère de qualité. Avec l'arrivée de nouvelles variétés et de techniques culturales (fertilisation, phytos), les rendements ont rapidement progressé. Pour le maïs, l'arrivée des hybrides vers 1950/55 n'a pas procuré de grosses améliorations du rendement, mais une augmentation des surfaces. Certes les performances génétiques étaient bonnes mais les rendements stagnaient comme pour le blé. C'est l'apparition de l'irrigation, puis d'autres facteurs tels la fertilisation, densité de semis, etc., qui vers 1965 déclencha la forte hausse de ceux-ci en passant de 50 à 75 qx/ha en 1980 pour grimper autour de 110 à 140 qx. » (comm. pers. de J. Lamouroux, agriculteur retraité du Tarn-et-Garonne, 2014).

Suite à l'enquête sur les pratiques culturales des agriculteurs réalisée par le Scees<sup>7</sup> en 2006, il ressort qu'« on comptabilise une moyenne de six traitements sur le blé : deux herbicides, près de trois fongicides, un régulateur de croissance et des traitements insecticides marginaux. Contrairement à la fertilisation, les forts rendements vont de pair avec une utilisation importante des produits phytopharmaceutiques : 8 traitements permettent d'aller au-delà de 90 quintaux de blé. » (Agreste, 2008).

Les agriculteurs recherchent des variétés qui valorisent au mieux ces apports d'intrants et démontrent un progrès génétique.

Ce cas correspond au modèle de sélection structurant de la trajectoire de modernisation de l'agriculture et reste d'actualité. En 2014, les agriculteurs ne manquent pas *a priori* de choix pour les grandes cultures dans le catalogue français qui propose 4408 variétés de 78 espèces différentes (tab.2) ou dans le catalogue européen qui surenchérit avec 22165 variétés appartenant à 86 espèces !

Groupe d'espèces de grandes cultures	Nombre d'espèces botaniques	Nombre de variétés
Betteraves et chicorées industrielles	3	390
Céréales à paille	11	843
Colza et autres crucifères	8	356
Lin et chanvre	4	88
Maïs et sorgho	4	1320
Plantes fourragères et à gazon	41	951
Plantes protéagineuses	4	111
Tournesol, soja, ricin	3	349

Source : site internet <http://cat.geves.info/Page/ListeNationale-consultation-juillet-2014>

**Tableau 2 : Nombre d'espèces et de variétés disponibles en 2014 dans le catalogue français des espèces et des variétés (plantes de grande culture)**

La comparaison entre le catalogue français actuel et celui publié il y a presque 30 ans (1987) montre une évolution nette du nombre et du type d'espèces considérées. Quelques espèces telles le pois (*Pisum sativum* L.), le pâturin des prés (*Poa pratensis* L.), le trèfle incarnat (*Trifolium incarnatum*), les hybrides résultant de croisements avec *Festulolium* Asch, la phacélie (*Phacelia tanacetifolia*), le lotier corniculier (*Lotus corniculatus*), la fétuque ovine (*Festuca ovina* L.), le trèfle hybride (*Trifolium hybridum*), le brome cathartique (*Bromus catharticus*), l'avoine rude (*Avena strigosa* Schreb.), la vesce velue (*Vicia villosa*) et le sarrasin (*Fagopyrum esculentum* Moench) n'étaient pas présentes en 1987 et sont apparues ultérieurement dans le catalogue (Desclaux et Nolot, 2014).

Toutefois, ce modèle de sélection est « verrouillé » (Meynard et Messean, 2013) puisque seules les innovations allant dans le sens de la trajectoire modernisatrice et productiviste sont acceptées. Dans le contexte de développement d'une économie de la qualité (Allaire, 2002), basé sur une différenciation des firmes et des produits, des agriculteurs recherchent d'autres solutions.

<sup>4</sup> Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences (GEVES), groupement d'intérêt public regroupant le Ministère de l'Agriculture, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et le groupement national interprofessionnel des semences et plants (GNIS)

<sup>5</sup> Service Officiel de Contrôle et de Certification, dépendant du GNIS. Le SOC est chargé de faire appliquer les règlements arrêtés par le Ministère de l'Agriculture pour la production, le contrôle et la certification des semences et plants.

<sup>6</sup> Facteurs de régularité du rendement : résistance à la verse, maladies...

<sup>7</sup> Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques

• **2<sup>ème</sup> cas : L'agriculteur contractualise dans le cadre d'une filière intégrée**

**L'environnement = Débouché ou marché visé (D)**

**La variété = kit imposé**

Dans un contexte de segmentation du marché, l'agriculteur peut contractualiser avec un obtenteur et des acteurs de la filière aval, dans le cadre d'une filière intégrée de type club. Dans ce cas, le club définit les agriculteurs membres dans un bassin de production ciblé, fournit un kit comprenant la variété et son mode d'emploi (itinéraire de culture) et demande l'exclusivité de livraison de la récolte. La variété en question est soit inscrite au catalogue dans le cadre de la liste VUIR (variétés à usage industriel réservé), ou non inscrite puisque la réglementation le permet dans la mesure où il n'y a pas de commercialisation de semences. « Comme les semences ne sont à aucun moment mises sur le marché, nous avons obtenu une dérogation pour ne pas avoir à les inscrire au catalogue. On économise ainsi cinq ans de tests officiels et quelques millions d'euros. » (Limagrain, cité par Omnès, 2010). L'assurance de rachat de la récolte à un prix garanti est le principal critère d'acceptabilité par l'agriculteur du kit **G x C x M** (variété, conduite de culture, marché). Les interactions contenues dans le kit (**G x C x M**) sont totalement sous la dépendance d'un **M** (cahier des charges, contrat) figé. Un exemple est celui de la filière intégrée mise en place par Limagrain. « Au fil de son développement, Limagrain a construit en Auvergne une « filière blé » complète : création variétale, production en filière tracée par les adhérents de la Coopérative, collecte et stockage, mise au point de recettes associant différentes variétés de blés, transformation en farines, fabrication de produits par la société Jacquet-Brossard » (source : site internet de la société<sup>8</sup>, 2014).

• **3<sup>ème</sup> cas : L'agriculteur revendique une certaine autonomie**

**L'environnement = sa ferme**

**La variété = son patrimoine**

Ce cas émergent à la fin des années 90 est marqué par une revendication forte de droits individuels et de maîtrise de l'ensemble de la chaîne depuis la production des semences jusqu'à la valorisation du produit fini. Certains paysans-boulangers ou paysans-pastiers l'illustrent parfaitement.

Le paysan est ici à la recherche de ressources génétiques à caractère patrimonial, identitaire, pouvant devenir des variétés fanions, emblème d'un mouvement contestataire, ou « variétés sentinelles » telles qu'exhibées par l'association Slow Food réunissant des « militants du goût ». La variété **G** qui les intéresse est un phénotype typé, estampillé « population de pays » ou « variété ancienne ».

Le **E** considéré est l'environnement de la ferme et l'interaction **GxE** cristallise à l'extrême la relation une variété – un agriculteur. C'est donc l'adaptation individuelle et hyper locale, à l'échelle de la ferme voire de la parcelle, qui est recherchée. La sélection redevient « paysanne », voire disparaît quand l'amélioration des plantes est appréhendée comme de l'« eugénisme végétal » (Le Guyader, 2006). « Les

paysans doivent pouvoir disposer d'une multitude de variétés les plus adaptables possibles, c'est-à-dire ouvertes à diverses évolutions successives, donc peu homogènes et peu stables » (Kastler, 2006). Pour cela, les moyens mis en œuvre sont simples, pouvant aller de la culture de populations soumises à sélection naturelle jusqu'à une pression de sélection massale légère en passant par la gestion dynamique. L'évaluation et la diffusion se font non pas sur des critères de progrès génétique mais sur une notion de satisfaction des consommateurs avertis et de singularisation des produits issus des variétés sélectionnées.

Dans ce modèle, l'interaction **GxE** se confond avec **PxA** (Phénotype x Agriculteur).

Si ce cas illustre la quête identitaire des acteurs caractérisant la société post-moderne, il entre en tension avec un renouveau du lien individu-collectif qui marque également l'évolution de la société (Bajoit, 2003) et explique l'émergence d'un autre système alternatif.

• **4<sup>ème</sup> cas : L'environnement considéré est un collectif d'acteurs, la variété recherchée est multifonctionnelle**

Ce cas, plus récent, correspond aux projets de mise en place d'une approche holistique, visant à réaliser un difficile équilibre de durabilité du système de production en renouvelant les formes d'action collective. Ce modèle met tout autant en avant les interactions **G x E** agro-écologique (volet environnement de la durabilité) que **G x E** socio-économique (interactions entre acteurs). C'est donc le **GxCxYxLxA** (Génotype x Conduite de culture x Année x Lieu x Acteurs) qui est visé en interrelation avec **RxMxS** (Réglementation x Marché x Société) à redéfinir. L'organisation de ce système d'interactions complexes n'est possible que dans le cadre d'une démarche participative.

Initialement développée dans les Pays du Sud, la « sélection participative » intéresse aujourd'hui en Europe des projets locaux de création de variétés pour des environnements contrastés (agriculture biologique, faible intrants...) (Desclaux et al., 2012). Définie comme une démarche cherchant à associer tous les acteurs d'une filière, non seulement à la définition des objectifs de sélection, mais aussi à la conduite du processus même de sélection et de création variétale (Gallais, 2006), elle vise à répondre aux exigences et aux réalités systémiques diversifiées pour lesquelles la sélection conventionnelle semble peu adaptée.

Récemment, des idéotypes de blé dur conçus par des chercheurs intégraient des notions d'efficacité d'utilisation de l'azote et du phosphore pour satisfaire aux contraintes nutritionnelles fortes de certains systèmes de culture en Agriculture Biologique (AB). L'objectif était d'évaluer les ressources génétiques disponibles en focalisant sur ces caractères. Cependant, l'implication d'agriculteurs du Sud de la France, de collecteurs, de transformateurs et de consommateurs dans le projet a fortement modifié cet idéotype et finalement de nombreux critères liés à l'aptitude du blé dur à être cultivé en association avec des légumineuses ont été intégrés : équilibre de compétitivité, de précocité, problèmes de pertes à la récolte, tri post-récolte, qualité technologique et nutritionnelle de pâtes aux mélanges blés durs-légumineuses. Partant de cet exemple de cultures associées, Fares et al. (2012) ont tenté de comprendre les déterminants des verrous technologiques, souvent auto-entretenus et qui

<sup>8</sup> Site source : <http://www.limagrain.com/activites/vie-des-societes/limagrain-presente-sa-filiere-%C2%AB-ble-%C2%BB-au-ministre-delegue-charge-de-lagroalimentaire/article-476/fr.html#.VLUph9WG24U>

empêchent la mise en place de nouvelles alternatives. Ces auteurs expliquent que le faible degré d'intégration de la filière blé dur peut être un des principaux déterminants empêchant l'adoption de nouvelles pratiques telles que celle des cultures associées. La littérature sur les transitions socio-techniques montre que souvent le déverrouillage d'un système passe par la création de petites entités, fortement intégrées. Il ressort de cette action collective mobilisant plusieurs acteurs d'une filière, que l'idéotype de blé dur initialement envisagé par un cercle restreint, s'est peu à peu étoffé de nouveaux critères et a pu en temps réel être confronté à la réalité et aux contraintes de chaque acteur.

### **Focus sur la Sélection Participative qui permet de prendre en compte la complexité des interactions (de GxE à GxYxLxCxRxMxSxAx...)**

Dans les conditions diversifiées de l'agriculture répondant aux exigences du développement durable, la sélection et l'évaluation doivent déboucher sur une gamme de variétés adaptées à une diversité d'environnements et d'objectifs de production. L'interaction **GxE** acquiert dès lors une importance particulière, car elle peut remettre en cause le choix d'un **G** quand on change de **E**. Ces environnements étant beaucoup plus variés que ce qu'aucune expérimentation ne permet d'explorer en un temps raisonnable, il est donc important de se donner les moyens de prédire l'interaction sur des milieux qui n'ont pas été expérimentés. Cette contrainte est la première source de divergence entre le schéma d'amélioration des plantes classiquement utilisé et celui de la sélection participative.

### **Une fonction renouvelée de la définition des objectifs de sélection**

Les programmes de sélection participative cherchent, dès la première phase de programmation, à élaborer un cahier des charges intégrant la diversité des attentes et des représentations des variétés (tab.1). L'objectif d'amélioration des plantes est ici raisonné et négocié entre les différentes parties prenantes. Le progrès génétique, conçu dans le premier cas comme seul objectif à atteindre, n'est plus ici central ou du moins exclusif. Il se définit autrement, non plus comme un classement sur un seul index mais comme une diversité de performances de **G** décrites sur  $n$  index représentant une diversité de systèmes de culture. Ce n'est pas seulement l'amélioration de l'espèce qui est visée, mais surtout celle des conditions dans lesquelles elle est réalisée. L'évaluation porte ainsi autant sur l'objectif à atteindre que sur la façon de l'atteindre et vise la reconnaissance à terme d'un progrès social ou éthique (Chiffolleau et Desclaux, 2006).

Dans cette phase, sont invités à collaborer : l'agriculteur fort de ses observations empiriques et de son expertise des relations **GxYxLxC**, le généticien connaissant outre les ressources **G**, les interactions **GxG** et leur évolution dans un contexte de brassage génétique, l'opérateur aval et le consommateur capable d'objectiver des critères technologiques et nutritionnels d'utilité dans les **GxM**, et le législateur faisant évoluer les **GxR**. La confrontation de ces représentations conduit à pondérer chaque interaction et qualifier le ou les idéotypes pertinents.

Cette première étape ne définit pas seulement des idéotypes, mais doit aussi structurer les environnements agro-écologiques et socio-économiques cibles, et la façon dont se dérouleront les étapes suivantes : moyens mobilisés, acteurs concernés et leurs rôles, ressources génétiques à explorer, consensus sur le compromis à trouver entre la puissance de discrimination (capacité à différencier les variétés) et la représentativité du lieu.

### **Un E agro-écologique à décrire et structurer pour apprécier sa représentativité**

Dans les étapes de sélection et d'évaluation, le modèle conventionnel (1<sup>er</sup> cas) privilégie la discrimination (critères de qualité et efficacité du travail en stations expérimentales), plutôt que la représentativité ou la proximité avec les lieux de production (reléguées à l'étape de diffusion). Pour les cibles plus diversifiées du 4<sup>ème</sup> cas, la question de la représentativité se pose plus tôt en sélection, ce qui requiert une caractérisation plus fine des E agro-écologiques. La zone d'inférence, de diffusion (Clarck, 1999) doit être visible aux premières étapes, et les interactions **GxE** agro-écologiques ne doivent plus être seulement constatées, mais surtout rendues prévisibles et contrôlables.

Parmi les méthodes disponibles pour appréhender la représentativité des situations expérimentales, la méthode du diagnostic agronomique sur la base de génotypes révélateurs (Nolot, 1994) reprend le principe de caractérisation du milieu à l'aide de la plante elle-même. Le fait de ne pas se limiter aux variétés en test mais de se baser sur des génotypes bien connus pour révéler les caractéristiques des E agro-écologiques permet de ne plus réduire à une seule dimension les différences entre milieux<sup>9</sup>.

Sur ce point, les "modèles de culture" sur lesquels travaille la recherche agronomique sont très attendus pour représenter les relations dynamiques complexes entre **G** et **E** agro-écologique (lui-même modifié par **G**) et expliquer les interactions **GxE**. Ces outils de simulation permettront d'objectiver les cibles de sélection, en regroupant les **E** exprimant des combinaisons de facteurs limitants proches, et les idéotypes, définis par les paramètres variétaux du modèle optimisant le résultat de la culture dans chaque **E** cible. La représentativité des situations expérimentales est contrôlée par simulation du comportement des témoins révélateurs, et les réseaux de sélection et d'évaluation variétale sont structurés en raisonnant le choix des **C** conduites x **M** milieux. L'Agriculteur peut ainsi procéder au choix conjoint de la variété et de son mode de conduite (quel **G** pour tel **E**, ou quel **E** pour tel **G**?).

### **Un E socio-économique à structurer**

La mise en place d'un réseau participatif pose la question du choix des partenaires, de leur représentativité et plus largement du type de dispositif permettant la construction d'une échelle de consensus sur les caractères d'intérêt : qui associer, quand et avec quels rôles ?

La sociologie des réseaux propose un moyen de dépasser les approches classiques structurant les acteurs et

<sup>9</sup> Les variables mesurées sur ces génotypes peuvent servir de covariables environnementales dans des modèles de régression factorielle (Denis, 1980) ou permettre d'étendre le principe de la régression factorielle à un modèle écophysologique (Dieng et al., 2006).

l'environnement en catégories ou fonctions (figées) et selon des rapports de domination (par les macro-structures). Il s'agit de modéliser l'environnement socio-économique à travers des « positions », appréhendées comme des ensembles d'acteurs hétérogènes mais ayant le même type de relations avec les mêmes autres et avec les objets (White, 1981). Ces ensembles ont en effet tendance à se comporter de façon comparable dans un contexte donné (valeur explicative et prédictive), au-delà de leurs différences de fonction ou de statut. L'approche peut ainsi être appliquée aux programmes de sélection (Chiffolleau, 2006) : l'enjeu est de prendre en compte différentes « positions », en tant que combinaisons particulières d'insertions dans 4 types de réseaux pertinents eu égard à l'usage des variétés : i) réseau socio-technique (relations avec les **G** à travers les pratiques techniques de sélection et de mise en culture), ii) réseau de conseil et de dialogue autour des variétés, iii) réseau marchand, iv) réseau institutionnel et politique autour des semences, variétés et produits issus des variétés. Dans la perspective d'un développement durable, il est nécessaire d'articuler ces différentes positions qui peuvent s'interpréter comme des ensembles spécifiques de relations et de pratiques, potentiellement complémentaires. Des accords partiels et contingents sur ce qu'il convient de faire et en particulier, de sélectionner, peuvent alors être envisagés ad hoc entre positions proches plutôt qu'à l'échelle du réseau entier.

La « participation » des agriculteurs, collecteurs, transformateurs, consommateurs, dans le processus de sélection devient importante quand elle permet de révéler différentes « positions » au service du projet commun. Les expériences sur le blé dur pour l'AB (Chiffolleau et Desclaux, 2006) montrent l'intérêt d'associer tous ces acteurs dans le processus de sélection pour permettre l'expression libre et *in situ* des pratiques, des valeurs, des réseaux associés aux variétés. La question de la « participation » rebondit alors sur celle de la décentralisation de certaines activités, dans un contexte où ce n'est plus le seul progrès génétique qui est visé. Au-delà de ses enjeux sociaux, la décentralisation de l'activité de sélection dans son ensemble (et non simplement des parcelles d'essai) mérite ainsi d'être posée ici dans le contexte nouveau d'un espace quasi infini de **E** de diffusion.

### **In situ - Ex situ - E centralisé ou E décentralisé**

La sélection conventionnelle, décrite dans le cas 1, est particulièrement efficace dans les systèmes culturels agricoles comparables à ceux des stations expérimentales, mais elle s'avère peu adaptée lorsque les interactions **G x E** sont fortes. Dans le modèle décrit dans le cas 4, marqué par la logique de contrôler et valoriser les interactions **GxE**, la généralisation des résultats de sélection est difficile, d'autant plus que le **E** est considéré dans son acception large.

La question majeure en sélection participative est donc : que faut-il centraliser (en station expérimentale de recherche), que faut-il décentraliser ? Notre réflexion se basera sur la décomposition du terme **E**.

L'efficacité d'un lieu (**YxLxC**) de sélection est déterminée, d'une part, par la corrélation génotypique entre la performance d'un cultivar dans ce lieu et celle obtenue dans le lieu cible (représentativité et biais) et, d'autre part, par la préci-

sion avec laquelle les performances du cultivar sont mesurées dans ce lieu de sélection (héritabilité au sens large, variance expliquée et puissance de discrimination). Dès lors, un programme de sélection uniquement centralisé permettra de maximiser l'héritabilité locale, alors qu'une sélection décentralisée permettra de maximiser la corrélation entre environnement de sélection et environnement cible (Atlin *et al.*, 2001). Ainsi, raisonner globalement sur l'intérêt de la centralisation ou décentralisation de **E** est une affaire de compromis entre biais et variance expliquée. Le lieu « station de recherche » est puissant ou discriminant, mais d'autant plus biaisé que le caractère sélectionné est sous dépendance environnementale.

Des critères existent pour atteindre l'optimum en privilégiant le multilocal quand le biais augmente. À moyens constants, il est nécessaire de jouer sur le nombre de lieux et de répétitions par lieu. Globalement, rechercher une forte interaction **GxE** conduit à mettre en place de nombreux essais à peu de répétitions, au risque d'une dépense injustifiée si l'interaction est en réalité faible (Goze, 1992).

L'écart entre le lieu de sélection et le **YxLxC**, milieu agro-écologique (sols-climat-conduite) cible, doit être représenté par des écarts de fréquence et d'intensité de facteurs limitants. Si ce milieu ne peut être simulé en station, il sera nécessaire de décentraliser des expérimentations.

La conduite de culture **C** répond aux objectifs que se fixe l'agriculteur en fonction de ses contraintes et est définie par ses « règles de décision », lesquelles varient selon les caractéristiques climatiques de l'année et les conditions économiques des marchés. Il est donc difficile pour un expérimentateur de représenter des choix d'agriculteur et la décentralisation paraît ici aussi indispensable. Cependant, si ces règles de décision et leur variabilité en fonction de **E** et **M** sont bien explicitées, il est possible de les appliquer en stations de recherche, et de maîtriser ainsi le biais expérimental. Finalement, dans un lieu **L** de station de sélection, avec une gamme judicieuse de **C**, il est possible de représenter une certaine diversité d'**E** agro-écologiques cibles, en passant par le diagnostic de facteurs limitants et en s'appuyant sur une simulation par "modèle de culture".

Si ces **E** sont validés par les acteurs **A** du programme (agriculteur, sélectionneur, industriel...) représentatifs des diverses « positions », leur participation peut avoir lieu sur la station de recherche, sur les champs des agriculteurs mais aussi à travers des entretiens individuels, groupe de travail, débats... Dans tous les cas, cela suppose des principes et procédures spécifiques facilitant une participation critique et non une implication passive ou alibi : transparence, démocratie, porte ouverte, respect des personnes (fondements de la coopération, Gide, 1921) ; règles connues par tous, formations/information (Friedberg, 1988), confidentialité, empathie (Long, 2001)... La sélection par les paysans eux-mêmes, sur leur propre ferme, favorise en général cette participation critique en les confrontant aux contraintes et limites de l'amélioration des plantes (Chiffolleau et Desclaux, 2006). Dans ces relations entre acteurs, le "modèle de culture" peut se faire outil de médiation...

Concernant les marchés visés **M** et les structures de coordination économiques et politiques **R**, sectorielles et territoriales qui se multiplient aujourd'hui, deux étapes peuvent être envisagées. Tout d'abord, audits et recueils

d'informations réalisés in situ permettent de lister et de pondérer des critères qui peuvent dans un second temps former des variables d'entrée dans les modèles de simulation économiques. Dans le cas 4, le **R**, règlement actuel d'inscription de variétés au catalogue, est appelé à évoluer pour permettre la création et l'utilisation de la diversité des **G** nécessaire pour répondre à la diversité des **YxLxCxMxA**. Enfin, concernant les dynamiques sociétales **S**, l'enjeu est de permettre, dans la même dynamique, la reconnaissance d'individus compétents et le renouvellement du lien entre individu et collectif, pour approcher, in situ, la réalité d'un progrès génétique mais aussi éthique et social au cœur des évolutions de la société contemporaine (Bajoit, 2003).

## Conclusion

Entre la définition officielle actuelle de la variété - produit commercial dont il faut se prémunir des contrefaçons - et la définition de bien commun qu'elle avait autrefois et revendiquée par certains aujourd'hui, l'histoire avance... au gré des perceptions que les hommes ont de leur environnement biophysique et social.

L'uniformisation des environnements encouragée par le modèle productiviste en agriculture et la société du début du 20<sup>ème</sup> siècle a conduit à l'homogénéité des **G**, malgré le grand nombre de variétés présentes dans les catalogues, et a réduit l'interaction **GxE** à une source parasite d'imprécision (résiduelle).

Avec la remise en cause de ce modèle et l'affirmation de nouvelles valeurs sociétales, l'agriculture se diversifie et s'inscrit dans des environnements contrastés, représentés ici à travers quatre cas.

Si le deuxième cas forme une première alternative au modèle de sélection productiviste, il reste inscrit dans une logique marchande tout en instaurant de nouvelles hiérarchies : cette organisation ouvre la voie à deux autres cas, revendiquant, à travers la sélection, un réencastrement de l'économie dans la société et la participation des citoyens à la gouvernance des filières et de la recherche (Callon et al., 2001). Le 3ème cas se constitue autour d'une stratégie à la fois contestataire et identitaire, le 4ème s'inscrit dans un renouveau du lien individu-collectif, illustrant les tensions de la société post-moderne (Bajoit, 2003).

Dans des contextes environnementaux hétérogènes où la marge de manœuvre sur la conduite culturale **C**, plus limitée, ne permet pas de compenser systématiquement les facteurs limitants du milieu biophysique **YxL**, et où la diversité des utilisations ne permet pas de rester dans une logique de **G** homogène et passe-partout, la démarche de sélection va s'inverser et il s'agira alors d'adapter la variété **G** à une diversité d'environnements **E**.

La principale évolution est le passage du paradigme : « on adapte l'environnement (par apport massif d'intrants) à la variété » à celui de « on adapte la variété à l'environnement et à ses contraintes ». Modifiant profondément les représentations des variétés (**G**) et des systèmes de culture (**E**), cette évolution modifie de fait le statut de l'interaction **GxE**. De simple « constatation », que l'on cherche à réduire, elle devient « objectif » complexe que l'on cherche à prédire et à valoriser.

La sélection participative émerge finalement comme une alternative à même de produire des innovations pertinentes pour une amélioration du modèle agricole dominant, à l'instar de l'agriculture biologique (Lamine et Bellon, 2009). Elle forme aussi un cas intéressant pour raisonner les conditions et modalités de l'articulation entre reconnaissance de citoyens compétents d'une part, au-delà des seuls chercheurs, et renouvellement du lien individu-collectif d'autre part, tension au cœur de la société contemporaine.

## Bibliographie

Agreste, 2008- Les rendements du blé et du maïs ne progressent plus. *Agreste Primeur*. N°210- mai 2008

Allaire, G. 2002. L'économie de la qualité, en ses secteurs, ses territoires et ses mythes. *Géographie, Economie, Société*, n°4, pp. 155-180

Atlin, GN., Cooper, M., Bjornstad, A. 2001. A comparison of formal and participatory breeding approaches using selection theory. *Euphytica*. 122:463-475

Bajoit, G. 2003. Le changement social. Approche sociologique des sociétés occidentales contemporaines. Paris, Armand Colin

Bonneuil, C., Thomas, F. 2009. Gènes, pouvoirs et profits. Recherche publique et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM. 619p. Ed.Quae. ISBN : 978-2-7592-0161-7

Boulineau, F., Leclerc, C. 2013. Evolution des variétés au travers du Catalogue officiel. *Sélectionneur français*, 64

Callon, M., Lascoumes, P., Barthe, Y. 2001. Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique, Paris, Le Seuil

Chiffolleau, Y. 2006. La sélection participative du Sud au Nord. In Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes et durables? *Dossiers de l'environnement de l'INRA* n°30, Paris, 186p

Chiffolleau, Y., Desclaux, D. 2006. Participatory plant breeding: the best way to breed for sustainable agriculture? *International Journal of Sustainable Agriculture- 4 (2)* 119-130

Clarck, EA. 1999. Tailoring research and extension to support ecologically sustainable agriculture. Professional development program of the northeast SARE group. <http://www.plant.uoguelph.ca/research/homepages/elcark/nesare.htm>. Cited 11 feb 1999

Denis, JB., Vincourt., P. 1982. Panorama des méthodes statistiques d'analyse des interactions génotype x milieu. *Agronomie* 2(3): 219-230

Desclaux, D., Ceccarelli, S., Colley, M., Navazio, J., Trouche, G., Aguirre, S., Weltzien, E., Lançon, J. 2012. Chapter 6- Centralized or decentralized breeding: the potentials of participatory approaches for low-input and organic agriculture. In E.T. Lammerts van Bueren, J.R. Myers (eds) *Organic Crop Breeding*, Wiley-Blackwell, 292p. ISBN 978-0-470-95858-2

Desclaux, D, Chiffolleau, Y, Nolot, J.-M. 2013. Du concept d'Idéotype à celui de Realtype : Gestion dynamique des Innovations Variétales par une approche transdisciplinaire et partenariale. Exemple du blé dur pour l'AB. *Innovations*

Desclaux, D., Nolot, J.-M. 2014. Chapter : 20. Does the Seed Sector Offer Meet the Needs of Organic Cropping Diversity? Challenges for Organic Crop Varieties . In *Organic Farming, prototype for sustainable agricultures*. S.Bellon, S.Penvern. Ed. Springer. ISBN 978-94-007-7926-6

Denis, J.B. 1988. Two-way analysis using covariates. *Statistics*, 19:123-132

Dieng, I, Gozé, E, Sabatier, R. 2006. Prediction of crop response by linearisation about control approximation . *CR., biol.* (ISSN 1631-0691) 329 (3): 148-155. Elsevier, Paris, France

Fares, M., Magrini, M.-B., Triboulet P., 2012. Transition agroécologique, innovation et effets de verrouillage : le rôle de la structure organisationnelle des filières. Le cas de la filière Blé dur. *Cahiers Agricultures* 21, 34-45

Finlay, K.W., Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric.Res.*14, 742-754

Friedberg, E. 1988. L'analyse stratégique des organisations. *Pour, numéro spécial, n°128*

Gallais, A. 1990. Théorie de la sélection en Amélioration des Plantes. Ed. Masson. 588p.

Gallais, A. 2006. Préface. In J. Lançon, A. Floquet, E. Weltzien (eds), *Partenaires pour construire des projets de sélection participative*. Ed CIRAD. 207p

Gallais, A. 2013. Évolution de la diversité génétique des variétés de plantes cultivées. *Académie d'Agriculture de France - 2013. Séance du 23 janvier 2013*

Gauch, H.G. 1992 Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier. Amsterdam, 278p

Gide, A., 1921. Manifeste de la coopération. *Revue d'Etudes Coopératives*, n°1

Gozé, E. 1992. Détermination de la dimension des réseaux d'essais. *Coton fibres Trop.* 47, 2:81-94

GEVES, 2014.  
[http://www.geves.fr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21&Itemid=330&lang=fr](http://www.geves.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=330&lang=fr)

Kamut, 2013 <http://www.kamut.com/fr/trademark.html>

Kastler, G. 2006. Les semences paysannes. In *Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes et durables? Dossiers de l'environnement de l'INRA n°30*, Paris, 186p

Lamine, C. Bellon, S. 2009. Transitions vers l'agriculture biologique. Pratiques et accompagnements pour des systèmes innovants. Dijon-Paris, *Educagri-Quae*

Le Guyader. 2006. In rapport d'activité- Comité d'éthique et de précaution de l'INRA et de l'IFREMER - COMEPRA - ed INRA

Limagrain, cité par Omnés. 2010. Sélection Limagrain : Des variétés sur mesure pour la boulangerie industrielle. Réussir Grandes Cultures Janvier 2010.  
<http://www.pleinchamp.com/grandes->

[cultures/actualites/selection-limagrain-des-varietes-sur-mesure-pour-la-boulangerie-industrielle](#)

Long, N. 2001. Development sociology: Actor perspectives. London: Routledge

Meynard, J.-M., Messean, A. (coord.). 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations et des filières. Synthèse du rapport d'étude INRA, 52 p.,  
<http://inra.dam.front.pad.brainsonic.com/ressources/afile/223799-6afe9-resource-etude-diversification-des-cultures-synthese.html>

Nolot, J.-M. 1994 . Parcours d'élaboration du rendement. In *CR Réunion Sci.gpe céréales, Dijon, mars 94. ed INRA*

Sperling, L, Ashby, J.A., Smith, M.E., Weltzien E., McGuire S. 2001. A framework for analyzing participatory plant breeding approaches and results. *Euphytica* 122:439-450

White, H.C. 1981. Where do Markets Come From ? *American Journal of Sociology*, 87 (3): 517-547

Yan, W, Hunt, L.A. 2001. Interpretation of Genotype x Environment Interaction for Winter Wheat Yield. In *Ontario Crop Science* 41:19-25

Yates, F, Cochran, W.G. 1938. The analysis of groups of experiments. *J.Agr.Sci.*,9:556-580.