

Séminaire de restitution

SOLIBAM

23-24 mars 2015

AgroParisTech,
Paris

ITAB-RSP-INRA

SOLIBAM – Stratégies combinant sélection et pratiques agronomiques innovantes pour les systèmes bio et faibles intrants



Programme

Séminaire de restitution SOLIBAM



Lundi 23 mars 2015

13h00 – Accueil

13h30 – Introduction

SOLIBAM c'était quoi ? Quelles sont les innovations de SOLIBAM ? Quels enseignements, quelles conclusions ? Panorama de SOLIBAM en France - *V. Chable (INRA), F. Rey (ITAB)*

Comment les différentes thématiques ont-elles été traitées dans SOLIBAM?

Illustration par exemples de travaux et de résultats ayant été développés en France

14h30 – Session 1 (modérateur : *P. Rivière*)

Les concepts et méthodes de Solibam - *V. Chable (INRA)*

- Création de diversité, comparaison de stratégies de sélection - *V. Chable (INRA)*
- Marqueurs moléculaires, diversité génétique et sélection participative – *I. Goldringer (INRA)*

16h00 – Pause

16h20 – Session 2 (modérateur : *F. Rey*)

- Pratiques agronomiques et diversité - *E. Serpolay*
- Qualité des produits - *B. Taupier-Létage (ITAB)*
- Socio-économie et durabilité : illustration des travaux et résultats sur une ferme française - *V. Chable (INRA)*
- Diversité et complémentarité des approches de recherche dans Solibam - *E. Serpolay (ITAB)*

18h30 – Fin de la première journée

Mardi 24 mars 2015

8h30 - Accueil

9h00 – Focus sur quelques espèces travaillées dans SOLIBAM avec témoignages

- *Sur maïs* : connaître, découvrir et créer de la diversité pour des produits de qualité - *V. Chable (INRA)* et *Rémy Lebrun (AgrobioPérigord)*
- *Sur blé* : une méthodologie de la sélection participative - *P. Rivière (RSP), J-F Berthelot (Paysan)*
- *Sur blé* : du grain au pain - *E. Serpolay (ITAB), F. Mercier (Paysan)*
- *Sur tomate* : sélectionner sur la diversité et la qualité gustative - *F. Rey (ITAB)*

11h00 – Discussion et échanges avec la salle
Qu'est-ce que le projet a apporté ? Quelles leçons pouvons-nous en tirer ? Quelles recommandations et enseignements en garder pour la suite ?
(modérateur : *Patrick de Kochko*)

12h15 – Conclusion et clôture par un grand témoin du séminaire : *JB Traversac (INRA)*

12h30 – Fin du séminaire

Sélection, diversité et qualité des produits en AB

Le développement de variétés adaptées aux principes et pratiques agrobiologiques et la réponse aux attentes du consommateur sont des facteurs déterminants pour l'AB. Ce dossier sur la sélection végétale pour l'AB, orientée vers la diversité et la qualité des produits, relate plusieurs travaux développés dans le cadre du projet Européen Solibam, qui s'est terminé en août 2014.

Le projet Solibam est tout d'abord présenté. En associant chercheurs, sélectionneurs professionnels et agriculteurs dans les programmes de sélection, il visait à accroître l'efficacité de la sélection dans les terroirs, le développement local et la qualité des produits en AB et a permis l'élaboration de recommandations réglementaires et politiques.

Deux cas concrets sur le maïs et la tomate illustrent ensuite le type de stratégies menées dans Solibam, de la création de diversité à la qualité des produits.

Puis rendez-vous dans une des «fermes Solibam» étudiées ou participant aux expérimentations : la ferme du Gaec du Pont de l'Arche a accueilli de nombreux chercheurs et fourni des données pour couvrir les différentes disciplines : génétique, agronomie, qualité des produits, écologie, économie, sociologie.

Place ensuite à l'intérêt de la complémentarité des différentes approches de recherche (station, participative...) développées dans le projet pour évaluer les impacts de la diversité génétique.

Enfin, la vision d'entreprises semencières européennes sur la production de semences biologiques et leurs stratégies de sélection pour l'AB est rapportée à travers les résultats d'une enquête.

dossier coordonné par Véronique Châble (Inra Rennes), Estelle Serpolay-Besson et Frédéric Rey (Itab)

Des recherches sur la diversité pour une agriculture biologique des terroirs

Pour faire face à la demande variée des consommateurs, le projet européen Solibam a associé chercheurs, sélectionneurs professionnels et agriculteurs dans les programmes de sélection pour accroître l'efficacité de la sélection dans les terroirs, le développement local et la qualité des produits en AB. Solibam a proposé une série de recommandations réglementaires et politiques pour trois secteurs : la réglementation du système semencier, les savoirs et la diversification de chaîne agri-alimentaire. | par **Véronique Chable (Inra)** et **Frédéric Rey (Itab)**



F. REY

- 1 Solibam (FP7 KBBE- 245058), Strategies for Organic and Low Input Integrated Breeding and Management, 2010-2014, a bénéficié du soutien financier de la Commission Européenne à hauteur de 6 millions d'€, www.solibam.eu
- 2 www.cbd.int/2010/about
- 3 téléchargeable sur www.itab.asso.fr/programmes/solibam.php

Solibam¹ (Stratégies combinant sélection et pratiques agronomiques innovantes pour les systèmes bio et faibles intrants) est fondé sur une hypothèse : la « diversité », déployée à tous niveaux du champ à l'assiette, améliore la performance, la durabilité, la stabilité des systèmes de cultures et la qualité des produits. Ce projet européen a réuni 23 partenaires de 12 pays européens et africains entre 2010 et 2014, pour concevoir et tester des stratégies de recherche pour les agricultures biologiques et à faibles intrants. Durant quatre ans et demi, il a mobilisé plus de 30 équivalents temps plein et permis la réalisation de

21 thèses de doctorat. En France, l'Inra, l'Itab et Gautier Semences étaient partenaires du projet. Ils ont conventionné avec plusieurs structures et agriculteurs qui ont pris part au travail et aux expérimentations sur différentes espèces : blé, orge, maïs, féverole, haricot, tomate et brocoli.

Créer ou stimuler la diversité et mesurer son impact sur la durabilité

En 2010, Solibam commençait sous les auspices de l'année internationale de la biodiversité. L'Organisation des Nations Unies invitait alors

à agir : « Now, it is time to act ! »². Plusieurs disciplines scientifiques ont été associées dans le but d'accroître la réflexion transdisciplinaire et la recherche-action (Fig.1). Une organisation participative des recherches s'est appuyée sur les initiatives paysannes dans les terroirs. Les partenaires ont développé des stratégies de sélection sur plusieurs espèces de grandes cultures et légumières, intégrées à des expérimentations agronomiques, pour créer ou stimuler la diversité au sein des peuplements végétaux, et mesurer son impact sur la durabilité des systèmes de production (stabilité des rendements et qualité des produits).

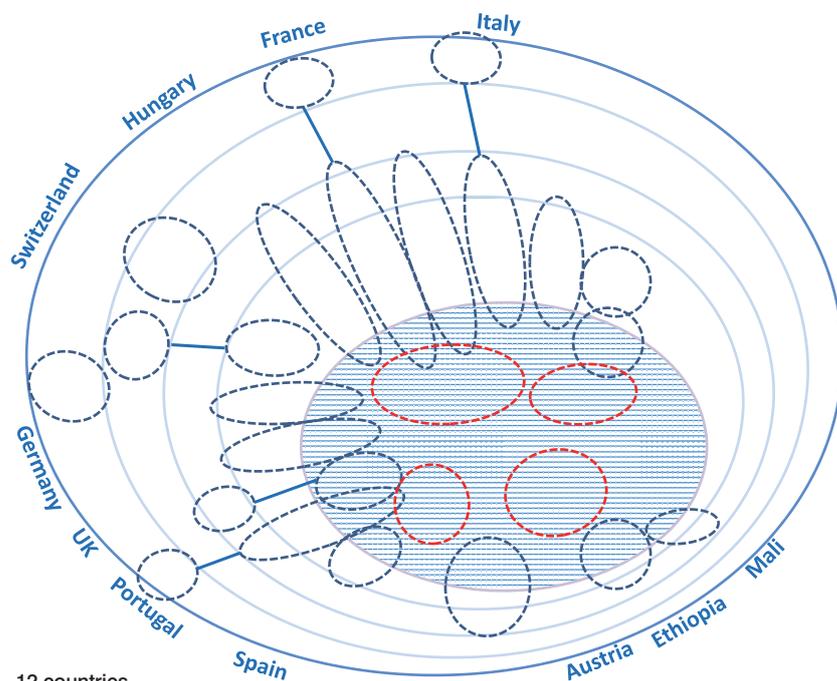
Le programme s'est déroulé dans un contexte marqué par le manque de variétés spécifiquement adaptées aux systèmes en AB et à faibles intrants. Ces modes de cultures sont caractérisés par une large gamme de variabilités à l'intérieur du système agricole, combinée à une large gamme de variations environnementales. Afin de considérer cette diversité des pratiques et des environnements, Solibam a associé des agriculteurs et chercheurs dans les programmes de sélection participative pour accroître l'efficacité de la sélection dans les terroirs, ainsi que des sélectionneurs professionnels, intéressés par le développement local et la qualité des produits pour faire face à la demande variée des consommateurs de produits biologiques.

Solibam a stimulé le regain de diversité par la redécouverte de ressources génétiques et la création de cultivars nouveaux tels que de nouvelles populations sélectionnées à la ferme, des populations composites basées sur des croisements ou des mélanges pouvant combiner de très nombreux parents. Par exemple en Éthiopie, plusieurs centaines de variétés locales ont été associées en une seule population pour être capable d'évoluer et de s'adapter dans le champ des paysans. Les essais conduits dans les 12 pays ont confirmé que les variétés-populations sont plus stables et résilientes face à un environnement changeant.

La commission a d'ailleurs sollicité les experts et résultats de Solibam pour introduire davantage de diversité dans la nouvelle réglementation européenne sur la commercialisation des semences (en cours de négociation), en interaction avec le Traité International sur les Ressources Phytogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture.

Les « fermes Solibam » étudiées en France, Italie et Portugal partagent une « philosophie » commune de l'autonomie et de diversité des

FIG. 1
INTERACTIONS ENTRE DISCIPLINES, PARTENAIRES ET PAYS DANS LE PROJET SOLIBAM



12 countries
Pluridisciplinarity
23 organisations

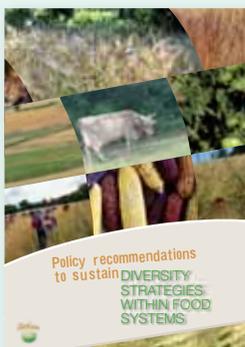
- Sociology
Economy
- Resources
efficiency
- Quality of food
- Crop management
ecology, agronomy
- Genetics
Plant breeding
- Breeders, seed
companies
- Universities
Research centres

cultures. L'évaluation de leur durabilité, avec une analyse de cycle de vie par exemple, montre à la fois les insuffisances d'autonomie énergétique et le manque de méthodes pertinentes pour appréhender les impacts de la diversité sur l'environnement.

L'évaluation des qualités des variétés nouvelles ou traditionnelles a mobilisé plusieurs types d'acteurs en France, Hongrie, Suisse, Italie, Portugal et Éthiopie. Les qualités sensorielle et nutritionnelle ont été abordées conjointement en France et au Portugal sur le maïs : les portugais sont attachés à un pain traditionnel de maïs, le broa, et en France, des « chefs » et professionnels de la cuisine ont inventé des recettes grâce à la nouvelle diversité disponible, tout en revalorisant la traditionnelle polenta (voir article page 9).

Ces différents travaux ont développé plusieurs types d'innovations, dont plusieurs sont présentés dans une brochure « Les 10 innovations clés de Solibam » (encadré 1). D'autres documents de ce type ont également été réalisés au cours du projet comme « 10 concepts clés de Solibam »³ (Fig.3). Par ailleurs, plus de cinquante articles scientifiques ont été publiés (ou en cours de publication) et plus de 81 événements (fermes ouvertes, visites d'essais) ont été organisés afin d'impliquer de nombreux acteurs dans le projet.

Les 10 innovations clés de Solibam



À travers plus de 50 expérimentations en champ réalisées dans 12 pays sur 8 espèces-modèles majeures et en mobilisant des compétences plurielles parmi lesquelles la génétique, la sélection variétale, l'agronomie, l'écologie, les sciences de l'alimentation, les statistiques, la sociologie et l'économie, Solibam a développé différentes innovations agro-écologiques qui sont au cœur de ses stratégies :

- de nouvelles approches de la sélection végétale qui prennent en compte à la fois la diversité et la qualité, les performances et leur stabilité, la co-sélection de cultures associées, ou encore les interactions cultures-pollinisateurs,
- de nouveaux produits alimentaires avec des qualités améliorées,
- de nouveaux outils méthodologiques de sélection

et de recherche participative conçus collectivement par les agriculteurs, les chercheurs et autres acteurs :

- (1) de nouvelles méthodes de sélection pour les programmes décentralisés,
- (2) des outils de gestion des ressources, des expérimentations et des analyses statistiques,
- (3) des méthodes intégratives comprenant la sélection végétale, pour améliorer la qualité gustative des produits alimentaires.

- des innovations sociales et des actions collectives pour la recherche participative et décentralisée,
- de nouveaux outils de modélisation visant à mieux comprendre et évaluer la résilience, la viabilité et la durabilité des systèmes agricoles,
- la formulation de recommandations à l'intention des décideurs politiques pour adapter la législation sur les semences à la diversité des ressources génétiques.

Voir la brochure réalisée par l'Itab « Les 10 innovations clés de Solibam » qui présente des innovations basées sur la diversité du champ à l'assiette, téléchargeable en 5 langues sur www.solibam.eu et en français sur www.itab.asso.fr, Programmes de recherche



Trois axes pour la recherche et les politiques agricoles

Trois concepts : diversité, innovation participative et terroir, sont retenus pour fonder les piliers de la recherche et des politiques agricoles de demain pour les agricultures biologique et à faibles intrants. Solibam a proposé une série de recommandations réglementaires et politiques pour trois secteurs : la réglementation du système semencier, les savoirs et la diversification de chaîne agri-alimentaire. Ces recommandations ont été publiées dans une brochure bientôt disponible en français.

En matière de réglementation, Solibam propose un système semencier intégré en Europe, reconnaissant ses deux formes, le système formel du marché des semences et un système informel des semences paysannes basé sur l'échange. Les recommandations de Solibam soutiennent l'introduction de variétés hétérogènes pour le système formel, et la reconnaissance du rôle et du droit des paysans en matière de création, conservation et valorisation des ressources génétiques.

La recherche participative expérimentée dans Solibam est soutenue par quelques chercheurs des institutions et des organisations paysannes locales, principalement des animateurs dont la position n'est pas facile à financer. Ils ont mis en pratique la recherche transdisciplinaire et multi-acteurs promue actuellement par la Commission européenne. Les partenaires de Solibam proposent aux institutions une évolution de l'évaluation de la recherche et de son financement. Une réglementation adaptée et un décloisonnement des savoirs stimuleront une agriculture de terroir, en cohérence avec les échelons régionaux et nationaux, en connectant science et société, culture et agriculture. Les résultats de Solibam favorisent l'autonomie des agriculteurs, par des semences locales diversifiées et des pratiques valorisant le terroir et les savoirs locaux, en sollicitant une prise de conscience de la société tout entière pour accroître le lien social et l'interaction avec la nature. ■



04 50 95 01 23 • semences@ducrettet.com
www.ducrettet.com

Diversité et produits de qualité

Cas du maïs et de la tomate

Le maïs et la tomate sont deux cultures qui illustrent plusieurs stratégies de Solibam, de la création de diversité à la qualité des produits. Pour chacune d'elles, deux pays ont été impliqués :

la France et le Portugal pour le maïs, la France et l'Italie pour la tomate. | par **Véronique Chable (Inra Rennes)**, **Estelle Serpolay (Itab)**, **Pedro Mendes-Moreira (IPC - Escola Superior Agrária de Coimbra)**, **Rémy Lebrun (AgroBioPérigord)**, **Bertrand Lassaing (agriculteur)**, **Frédéric Rey (Itab)**



Au nord du Portugal, agriculteurs et chercheurs se sont engagés de longue date pour maintenir la tradition d'un pain au maïs, appelé Broa. Commencé en 1984, ce programme de sélection participative fut le premier en Europe. En France, les agriculteurs ont initié une sélection participative et paysanne du maïs dans le sud-ouest au début de 2000 avec comme premier objectif de répondre aux besoins en semences de l'agriculture biologique (Chable et al, 2014). Solibam offrait l'opportunité de partager les expériences des deux pays et de mieux relier la sélection des populations et la qualité des produits finaux dans leur diversité.

L'originalité du programme sur la tomate fut d'associer les efforts de sélectionneurs professionnels et acteurs de la filière pour se donner les bases d'une sélection de populations pour leur qualité gustative qui bénéficient à la fois aux sélectionneurs engagés dans Solibam et aux maraîchers prêts à poursuivre une sélection participative.

Maïs : pour le maintien de la tradition au Portugal et la créativité culinaire en France

Au Portugal comme en France, la stratégie de sélection visait soit l'adaptation de populations traditionnelles aux conditions d'aujourd'hui, soit la création de populations nouvelles par croisement ou par mélange. La pluridisciplinarité du consortium a offert des opportunités d'approfondissement et en particulier, des outils et des compétences d'analyse moléculaire furent partagés pour approfondir la compréhension de la structuration et de l'évolution de la diversité. Le programme portugais, de par son ancienneté, était une opportunité de regard sur l'évolution de la diversité génétique dans le temps sous l'action de la sélection paysanne.

Le programme VASO, initié en 1984 (Mendes-Moreira, 2006), a été poursuivi dans Solibam, avec le suivi l'évolution de la diversité génétique dans les populations Amiúdo et Castro Verde. Pour les



Recettes créatives à base des populations de maïs issues de Solibam

deux populations, la sélection paysanne a nettement amélioré la performance agronomique (augmentation du poids de l'épi, gain de rendement en grains par plante et du rendement en grain global). Cette évolution des performances n'a été associée à une différenciation génétique significative que pour la population Amiúdo, intégrée depuis le début, sur le projet VASO PPB en 1984. Pour l'autre population Castro Verde, introduite seulement en 1994, il n'a pas été observé d'évolution dans la diversité génétique mais néanmoins, la sélection massale pratiquée dans le programme de sélection participative a induit des différences significatives favorables en termes de caractéristiques agronomiques pour les agriculteurs.

Pour l'étude des aspects qualitatifs du maïs pour l'alimentation humaine, le Portugal cherchait à se doter d'un support d'analyse pour maintenir la tradition du pain de maïs («Broa») fait à partir de populations (traditionnelles ou nouvelles) améliorées pour leurs performances agronomiques. En France, avec les mêmes outils (analyse nutritionnelle et sensorielle), les paysans et utilisateurs avaient posé la question de la valorisation de la diversité créée pour diversifier les produits. De ce fait, les paysans d'AgrobioPérigord représentant le groupe français, ont travaillé avec des professionnels de la cuisine ou la boulangerie (chef étoilé périgourdin, cuisinier scolaire, traiteur, boulangers et paysans-boulangers) pour proposer de nouvelles recettes, la majorité sans gluten comme des mini-cakes à la farine de maïs parfumés à l'huile essentielle de citron, des bouchées de polenta au lait d'amande et au pesto, des biscuits craquants au maïs ou encore de la polenta montée en mousse façon « espuma ». Un livre de recettes est en cours de finalisation où chacune des huit populations (traditionnelles locales ou étrangères, ou nouvelles issues de

sélection paysanne) sont décrites avec la recette qui s'adapte à ses qualités particulières. Avant d'arriver au livre de recettes, plusieurs étapes dans l'étude de la qualité se sont succédées au cours du projet. Pendant la première année, les huit variétés ont été étudiées pour trois aspects :

- observation du comportement des variétés au moulin pour optimiser la qualité de la farine et la semoule,
- test de la farine et la semoule par plusieurs professionnels de la cuisine sur leur qualité à la préparation et la cuisson,
- évaluation des qualités sensorielles associées aux variétés en développant les méthodes participatives d'évaluation.

Globalement, les participants ont été agréablement surpris de découvrir une telle diversité et une cuisine goûteuse à base de maïs, aujourd'hui peu utilisée dans les pratiques culinaires. Le maïs est souvent associé à un produit fade, destiné à l'alimentation des animaux. Ces ateliers de dégustation ont été des découvertes culinaires et ont suscité des envies de les mettre en pratique. En outre, ils ont aussi été l'occasion de communiquer autour des questions liées à la biodiversité cultivée. Certains participants se sont inquiétés de savoir comment avoir accès à ces produits, qui restent pour le moment plus que rares à dénicher. En seconde année, les partenaires d'AgrobioPérigord ont porté leur attention sur des éléments complémentaires comme l'absorption de l'eau des farines, la texture et de l'augmentation de volume en boulangerie selon les variétés. En dernière année, l'aspect nutritionnel a été abordé par les équipes française et portugaise pour évaluer la diversité des populations pour les teneurs en polyphénols (rôle antioxydant) et en métabolites secondaires. Les résultats sur les populations venant des essais français sont assez

surprenants, posant la question de l'étalonnage des machines d'analyses et suggérant la nécessité d'approfondir les aspects méthodologiques. La sélection paysanne du maïs a commencé sur des critères agronomiques il y a plus de dix ans en France. Les études Solibam ont enrichi les critères d'évaluation des populations sur leur produit final. De nouvelles questions ont émergé et des approches préliminaires ont été engagées à la fin du projet pour mieux comprendre le lien entre le sol et la plante, notamment avec des observations des mycorhizes, ainsi que pour essayer de comprendre les critères phénotypiques de sélection des « anciens » qui ont donné naissance à des populations de maïs riches en protéines.

La collaboration européenne a non seulement stimulé les échanges de méthodes expérimentales et d'analyses au niveau des chercheurs, mais aussi entre les réseaux paysans français et portugais. En effet en matière de techniques de stockage, meunerie et transformation alimentaire, les savoir-faire portugais ont perduré à travers les générations et sont aujourd'hui, contrairement à la France, fortement ancrés dans la culture contemporaine.

Tomate: accroître la robustesse en privilégiant la qualité gustative

L'originalité de l'approche Solibam pour la tomate est la collaboration entre des chercheurs, des sélectionneurs professionnels et des agriculteurs biologiques de France et d'Italie. Comme pour le maïs, les questions relatives à la sélection et aux pratiques agronomiques se sont réparties dans les différentes thématiques du projet (évaluation de ressources génétiques, création de nouvelles populations, étude génétique de la diversité, méthodes de sélection adaptées à l'agriculture biologique pour les professionnels, sélection participative et évaluation de la qualité). Les premières étapes d'évaluation de la diversité et de création d'une population de base ont été définies collectivement et ont nécessité la presque totalité de la durée du projet. Ce programme s'inspire des travaux antérieurs réalisés sur des céréales, comme par exemple sur blé.

Dans ce programme tomate Solibam, qui se situe dans une phase amont de sélection, les questions ont principalement été d'ordre méthodologique. Quelles méthodes peut-on utiliser pour créer des populations diversifiées? Est-il possible de sélectionner pour des critères qualitatifs et de maintenir en même temps un certain niveau de diversité pour garder le potentiel d'adaptation

des plantes? Comment comparer et mesurer les capacités d'adaptation des populations générées (« Composite Cross Populations ») à celles de leurs parents? Comment impliquer les consommateurs aux différentes étapes de sélection pour intégrer leurs attentes?

En 2011, une évaluation de 37 variétés locales des types « Cuor di bue » (Cœur de Bœuf) et « Marmade » a été entreprise en conditions biologiques en Italie et en France. En 2012, des croisements ont été effectués entre les 4 parents les plus prometteurs, en termes par exemple d'architecture de plante, de vigueur, de qualité gustative, d'aspect des fruits, d'adaptation aux fortes températures ou de taux de nouaison. La population descendante de ces croisements a été évaluée en Bretagne et en Provence, initiant ainsi les premières étapes d'une sélection. À l'issue de Solibam, des graines sont disponibles pour poursuivre ce travail. De plus, des critères d'observations issus d'un consensus entre les différents partenaires serviront de référence pour la suite.

Pour estimer les qualités sensorielles des tomates issues des « parents » d'abord, puis ensuite des premières sélections, le test de Napping décrit dans la thèse de Camille Vindras (voir p. 15) a été mis en œuvre à plusieurs occasions. Les questions méthodologiques restent importantes pour une évaluation participative du goût. Il n'existe aucun moyen pour stabiliser l'espace produit afin de comparer les tomates à maturité égale. Comme il est absolument nécessaire d'évaluer le produit en frais, facteur important vis-à-vis des consommateurs, nous devons identifier la période de chaque type et procéder à l'évaluation pour chacun d'eux. ■

Références

→ Mendes-Moreira, P, Pégo, S., Vaz Patto, C. and Hallauer, A. (2008) Comparison of selection methods on 'Pigarro', a Portuguese improved maize population with fasciation expression Euphytica 163, 481 -499

→ Chable, V., Dawson, J., Bocci, R. and Goldringer, I., 2014. Seeds for Organic Agriculture: Development of Participatory Plant Breeding and Farmers' Networks in France In: Organic farming, prototype for sustainable agricultures, Bellon S. et Penvern S. (eds), Springer, Berlin, 383-400

→ Moreira, P. M. (2006). Participatory maize breeding in Portugal. A Case Study. Acta Agronomica Hungarica, 54(4): 431-439.

→ Rapports d'expérimentations Agrobiopérigord – Expérimentation en variétés de population, l'Aquitaine cultive la Biodiversité – Bilan, résultats, perspectives. Editions 2001-2011, Edition 2013 et Edition 2014, téléchargeables sur www.agrobiopérigord.fr

Notre gamme de filets de PROTECTION

- **ANTI-INSECTES : Filbio[®], Biothrips[®], Ultravent[®]**
- **FILBIO[®] PLA : 100 % compostable**
- **ANTI-DROSOPHILE SUZUKII : TIP 1700**
- **FILET PARE-GRÊLE VIGNE**
- **ABRI CLIMATIQUE**

site : www.texinov.fr
mail : info@texinov.fr

texinov
AGROTEXTILES

SIVAL D'ARGENT
LAUREAT DU CONCOURS 2014

La ferme, lieu de rencontre des connaissances mobilisées dans Solibam

L'hypothèse de la diversité, pilier de la performance et de la stabilité des modes de production biologique ou à bas intrants, ne peut se vérifier qu'en conditions réelles de la ferme où les environnements diversifiés révèlent les potentialités d'adaptation des populations cultivées. | par **Véronique Chable (Inra Rennes)**, **Estelle Serpolay (Itab)**, **Florent Mercier (agriculteur)**, **Pierre Rivière (Réseau Semences Paysannes)**



Mesurer les impacts agronomiques et qualitatifs de la diversité à la ferme

Avant Solibam, le Gaec du Pont de l'Arche a déjà été impliqué dans la recherche participative, et ce, depuis son origine au moment de la création du Réseau Semences Paysannes (RSP) et des premiers projets de collaboration entre les paysans et l'Inra. Florent Mercier appartenait au groupe de conception d'un projet régional PaysBlé de 2009 à 2012. Ce programme coordonné par l'Unité Sad Paysage de l'Inra Rennes sur l'adaptation des blés de pays, posant les questions d'agriculteurs et boulangers bio du grain au pain, avait jeté les bases d'une collaboration entre les chercheurs et les paysans telle qu'elle fut développée au sein de Solibam. Sur le réseau de fermes incluant le Gaec, une expérimentation avait pour objectif d'étudier les impacts de différents types variétaux, avec un gradient de diversité, du champ jusqu'à l'assiette afin de donner des clés pour l'action aux agriculteurs et boulangers et de réfléchir ensemble aux stratégies de sélection variétale à développer en fonction de leurs objectifs. La première ambition de ce projet était de réfléchir ensemble à la façon de faire de la recherche à la ferme à partir de l'expérience acquise avec cet essai. Parmi les trois variétés au comportement très contrasté, l'une était un blé du pays de Redon multiplié chez Florent, et une autre était la population dynamique créée par Florent à partir de 11 autres populations. Le troisième était Renan, variété commerciale très utilisée en AB. Pour balayer l'ensemble du sujet, les partenaires chercheurs de Solibam ont partagé leurs méthodes d'observation ou ont procédé aux analyses, dans des disciplines complémentaires : agronomie, meunerie, panification, sciences de la qualité. Les consommateurs aussi ont été associés lors des dégustations de pain organisées par l'asso-

Dans son document de conclusion, Solibam met en avant la diversité, l'innovation participative et l'ancrage au terroir pour répondre à l'ambition du projet qui était de proposer et de valider des stratégies de sélection et pratiques culturelles expérimentées conjointement pour répondre aux besoins des agricultures biologiques et paysannes.

Les «fermes Solibam» étudiées ou participant aux expérimentations partagent une « philosophie » commune de l'autonomie et de la diversité des cultures. Une ferme française, le Gaec du Pont de l'Arche, de Thierry, Marie-Odile et Florent Mercier, a accueilli de nombreux chercheurs Solibam et fourni des données pour couvrir les différentes disciplines : génétique, agronomie, qualité des produits, écologie, économie, sociologie.

ciation semences Triptolème (dont Florent Mercier est co-président), membre du Réseau Semences Paysannes. Les résultats montrent que la population dynamique de Florent a un comportement très satisfaisant d'un point de vue agronomique et qu'elle nécessite encore un travail d'adaptation sur les aspects gustatifs pour le pain.

Sélection et études des méthodes de sélection à la ferme

Florent a participé à une autre action sur le blé en interaction avec une autre équipe DEAP (Diversité, Evolution et Adaptation des Populations) de l'Inra Le Moulon, dans un large réseau de collaboration au niveau national. L'objectif était de développer de nouvelles populations adaptées aux besoins de chaque agriculteur, ainsi qu'à leurs pratiques, leur marché et leur environnement, à partir d'un large éventail de diversité génétique obtenu par des croisements entre variétés anciennes, locales ou récentes adaptées à l'AB. Ces nouvelles populations ont été distribuées à une vingtaine d'agriculteurs du Réseau Semences Paysannes en France. Le Gaec du Pont de l'Arche était une ferme relais pour la région Ouest (25 fermes participaient au niveau français, dont 8 avaient une collection plus large dans chaque région). Ces populations ont été évaluées et sélectionnées avec d'autres variétés locales ou des populations des agriculteurs. L'équipe de recherche accompagnait les agriculteurs comme Florent Mercier, pour suivre l'évolution des variétés-populations en développant des méthodes et des outils opérationnels pour la gestion de la biodiversité cultivée et la sélection à la ferme. Cette collaboration renforce la pertinence des observations des uns et des autres : les chercheurs ont un point de vue calé sur leurs connaissances génétiques, les paysans apportent un regard plus global intégrant les performances agronomiques, enfin les animateurs des associations locales font le lien entre paysans et chercheurs et animent le suivi des essais. Cette collaboration renforce à terme l'autonomie des collectifs locaux et des paysans en matière de gestion et de sélection des semences.

En pratique, les agriculteurs cultivent une série de populations sur des petites parcelles (entre 5 et 10 m² répartis soit sur deux blocs avec environ 15 populations chacun ou alors dans un seul bloc d'une dizaine de populations) sur leurs fermes pour observer et évaluer un large éventail de la diversité. Sur le terrain, les observations sont réparties pendant tout le cycle de la plante : taille de la plante, précocité, vigueur, caractères de l'épi et du grains... Les agriculteurs qui le souhaitent

procèdent à une sélection massale en fonction du comportement global observé dans le champ en intégrant des données plus quantitatives enregistrées par l'équipe scientifique de Solibam. Florent a donc pu observer le résultat concret de sa sélection, et cela lui a donné envie de développer lui-même des croisements, travail qu'il a entrepris pendant le projet.

Décrire un système bio dans son environnement écologique et social

La ferme du Pont de l'Arche a été convertie à l'agriculture biologique depuis plusieurs décennies (deux générations d'agriculteurs) et montre un niveau élevé d'autonomie. Les scientifiques de

FIG. 1
DISTRIBUTION DES RESSOURCES UTILISÉES EN FONCTION DE L'ORIGINE DES INTRANTS (GLOBAL OU LOCAL) ET DE LEUR CARACTÈRE RENEUVELABLE OU PAS

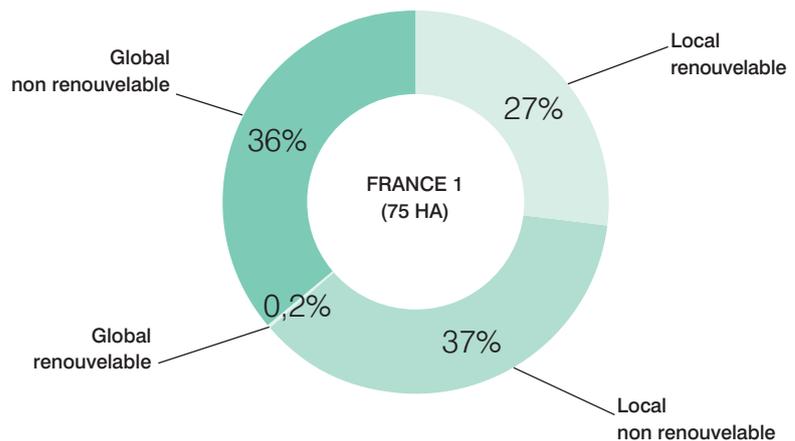
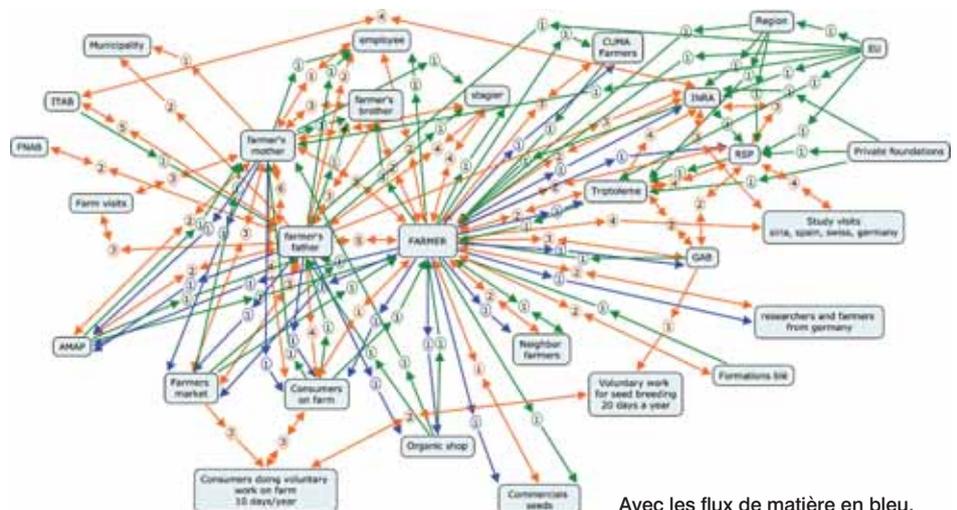


FIG. 2
ANALYSE RÉSEAU MONTRANT LA RICHESSE DES INTERACTIONS ENTRE L'AGRICULTEUR AU CENTRE ET DIFFÉRENTS ACTEURS.



Avec les flux de matière en bleu, les flux d'information en orange et les flux financiers en vert

Solibam chargés des études relatives à la « durabilité » des systèmes agricoles ont travaillé sur quelques modèles des pays partenaires. L'idée de Solibam n'était pas de faire une étude exhaustive mais d'étudier en détail quelques cas qualifiés de « paradigmatiques » pour mettre à l'épreuve les méthodes déjà connues comme les analyses de cycles de vie et les évaluations d' « émergie » (qui veut dire « embedded energy »). Cette dernière recouvre l'énergie disponible consommée dans les transformations directes et indirectes nécessaires pour fabriquer un produit ou service. L'analyse des cycles de vie ou ACV est la mesure des ressources nécessaires pour fabriquer un produit associée à la quantification des impacts potentiels de cette fabrication sur l'environnement. Ces deux méthodes couramment impliquées dans l'étude de la durabilité environnementale ont soulevé de nombreuses questions à propos de leur pertinence pour identifier des critères de durabilité associés à la diversité au niveau des fermes. Les résultats montrent des insuffisances d'autonomie énergétique (Fig. 1) mais aucune des deux méthodes ne sont pertinentes pour appréhender les impacts de la diversité sur l'environnement. Un dernier groupe de chercheurs en socio-économie ont investi le Gaec du Pont de l'Arche. D'un point de vue sociologique, en dehors de la grande diversité des cultures, des fermes de Solibam comme celle des Mercier, sont caractérisées par un désir d'autonomie, l'insertion dans un large réseau (Fig. 2) et la durabilité de l'agroécosystème. L'autonomie signifie une stabilité accrue par réduction

de dépendance aux intrants externes compensée par l'augmentation des interactions avec les réseaux sociaux et une meilleure maîtrise de leur environnement. Florent est membre du Réseau Semences Paysannes en France, dans laquelle le nom « paysan » est positivement encouragé. Les paysans eux-mêmes considèrent les citoyens autant que les producteurs et sont conscients de leur responsabilité sociale et environnementale. Plutôt que le prix « meilleur », ils cibleront les consommateurs qui recherchent des produits dont ils ont une garantie de leur naturalité.

Ainsi, avec la ferme du Pont de l'Arche, et plus généralement avec plusieurs agriculteurs de Solibam, nous nous sommes attachés à démontrer que la diversité ne concerne pas seulement les cultures, avec le choix des espèces et variétés cultivées, mais aussi les pratiques et formes de gestion des circuits de commercialisation et de communication. La participation des agriculteurs a ainsi soulevé plusieurs questions sur la définition de stratégies de Solibam pour accroître la durabilité des systèmes de production à partir d'expériences complémentaires. ■

POUR EN SAVOIR PLUS

→ Pierre Rivière (Inra), *et al.*, synthèse par Aurélie Belleil, *Méthodologie pour une sélection participative du blé tendre*, Alter Agri N°123, p.14



**Producteurs de Plants
Maraîchers et Aromatiques Biologiques**

**Greffage
Bouturage**



**Mottes
Micro-mottes
Alvéoles**

290 Chemin des Tilleuls
13 160 Châteaurenard
Tél 04.90.240.340
Fax : 04.90.240.349

www.tilleul.fr

Évaluation de la qualité sensorielle de blé et de brocoli pour la sélection participative

L'agriculture biologique est une alternative pour une agriculture durable mais son développement dépend de plusieurs facteurs. Parmi eux, le développement de variétés adaptées aux principes et pratiques agrobiologiques et la réponse aux attentes du consommateur en sont des déterminants. La sélection de variétés spécifiques à l'AB devra intégrer ces multiples critères. Pour prendre en compte toutes les attentes, la thèse « sélection gustative » Itab/Inra (2013-2015) propose une organisation décentralisée et participative de la sélection intégrant le critère de la qualité sensorielle en s'appuyant sur l'étude et le renouvellement de la diversité génétique. L'intégration du critère sensoriel est complexe et nécessite une organisation spécifique. Son intérêt est majeur pour répondre aux attentes des consommateurs en termes de qualité mais également pour favoriser l'expression des terroirs. | par **Camille Vindras (Itab)**



L'AB a été initiée par des « pionniers » inquiets des conséquences des intrants chimiques en agriculture. Attachés initialement aux valeurs environnementales et éthiques, les consommateurs d'aujourd'hui se tournent aussi vers l'AB pour la qualité de l'alimentation. Or la qualité organoleptique des produits bio reste à améliorer et à promouvoir. Cette dernière a été négligée au cours des 50 dernières

années de sélection pour l'agriculture conventionnelle et il existe peu de variétés sélectionnées spécifiquement pour l'AB. Pour répondre à la diversité des besoins de l'AB, une organisation participative de la sélection (impliquant les agriculteurs dans le processus de sélection) a émergé au début des années 2000.

Pour intégrer la qualité sensorielle dans le processus de sélection, les méthodes doivent être

UNE MEILLEURE CONNAISSANCE DES VARIÉTÉS BLÉS POPULATIONS POUR MIEUX LES TRANSFORMER

La proximité qu'ont les paysans boulangers avec leur clientèle donne à la problématique de la qualité sensorielle une importance primordiale. La qualité de leur pain varie en fonction de l'année de récolte, du génotype récolté et de la transformation. Contrairement au meunier qui cherche à adapter la farine aux boulangers et qui fournit au boulanger une farine de qualité régulière, le paysan boulanger doit à l'inverse s'adapter à la farine. Ils ont besoin d'améliorer leur compréhension de la sélection, de la culture et de la transformation des populations de blés.

adaptées à ce contexte. Il convient également de distinguer les autres leviers d'action modifiant la qualité (environnement, pratiques agricoles ou processus de fabrication) pour définir les stratégies de sélection.

Identifier les leviers d'action sur la qualité et la qualité sensorielle

Pour répondre aux attentes des consommateurs et mieux valoriser leurs produits, les agriculteurs bio redécouvrent les « variétés de pays » ou des ressources génétiques présentant un potentiel d'adaptation génétique et aromatique certain. Deux modèles ont été traités, le blé et le brocoli, pour améliorer la compréhension des processus en jeu dans l'élaboration de la qualité et identifier les leviers d'actions mobilisables pour optimiser la qualité sensorielle.

Le pain de froment est issu de la transformation de grains de blé tendre en farine, mélangée, pétrie avec de l'eau, du sel et un ferment, levure ou levain. Les facteurs influençant la qualité nutritionnelle et sensorielle du pain sont nombreux et variables, pour certains incontrôlables (facteur climatique). Cependant, il est possible d'agir à chaque étape de la chaîne de production, depuis le champ jusqu'à l'assiette, pour optimiser sa qualité. En effet, l'amélioration de la densité nutritionnelle des pains pourrait contribuer à l'amélioration de leur qualité sensorielle. Dans le champ, la sélection de variétés identifiées comme riches en nutriments est une première étape importante. Les bénéfices additionnels des pratiques agrobio-

logiques peuvent améliorer de façon substantielle la composition en antioxydants et nutriments. Des liens entre qualité nutritionnelle et sensorielle apparaissent telle que la teneur en caroténoïdes qui limiterait la formation d'héxanal, composé responsable de l'altération du goût.

Le goût typique du brocoli est dû aux glucosinolates. Des effets santé positifs sont attribués à certains glucosinolates présents dans le brocoli et le chou-fleur. Ces mêmes glucosinolates (glucoraphanine, glucobrassicine) semblent être à l'origine de l'amertume et du piquant de ces brassicacées et contribuent à une baisse de l'acceptabilité de la part des consommateurs. Tandis que la synthèse de glucoraphanine semble être clairement régulée par le génotype, la régulation du contenu en glucobrassicine est principalement environnementale (Brown et al. 2002; Kondra and Stefansson 1970). Ces résultats suggèrent la possibilité de sélectionner sur ce critère, la teneur en glucosinolates pourrait alors servir d'indicateur indirect de la qualité finale.

Ce travail repose sur les hypothèses suivantes : certains génotypes présentent un potentiel aromatique remarquable qui peut être optimisé à travers l'environnement et la transformation. Plusieurs questions ont pu être formulées : Dans quelle mesure le levier « sélection » permet-il d'agir sur la qualité sensorielle du produit transformé ? Si le levier sélection est validé, d'autres questions émergent :

→ Existe-t-il des génotypes aux caractéristiques sensorielles remarquables ?

→ Si oui, est-il possible de trouver des marqueurs morphologiques de la qualité pour faciliter la sélection au champ ?

Optimiser la qualité sensorielle de pains au levain issus de variétés populations

Deux expérimentations complémentaires ont été mises en œuvre. La première explore l'effet des facteurs environnements, génétiques et pratiques boulangères sur la qualité du pain. Trois structures variétales représentant un gradient de diversité génétique (lignée, population, mélange de populations) ont été cultivées dans cinq environnements pendant trois ans. Des mesures au champ, au moulin et au fournil ont été réalisées pour identifier l'interaction des facteurs du grain au pain sur la qualité finale. Pour intégrer des connaissances liées aux savoir-faire, une seconde approche associe des enquêtes à des caractérisations morphologiques et sensorielles des populations cultivées par les pay-



Exemple de diversité des blés dans les champs des paysans-boulangers

sans-boulangers. Ce dispositif vise l'identification de critères de sélection et/ou marqueurs phénotypiques de la qualité finale du produit.

La première expérimentation indique que les trois facteurs étudiés influencent la qualité sensorielle du pain. Le facteur boulanger apparaît dominant, plus particulièrement la conduite de fermentation du boulanger est un facteur clé de la qualité finale. L'environnement influence de façon prépondérante la texture et le génotype les caractéristiques de saveurs. Cette singularité de la qualité du pain dépendant du génotype, de l'environnement et du boulanger se rapproche de la définition du « terroir » en viticulture. La notion de terroir reste toutefois à mieux objectiver (l'étude ne portant que sur trois variétés et cinq environnements) et à conforter pour renforcer la typicité des produits et améliorer l'adaptation des pratiques agronomiques et boulangères. L'objectif de cette expérimentation était bien de tester l'impact de la diversité génétique sur la stabilité des performances (qualités agronomique et sensorielle) et le choix des échantillons n'était peut-être pas judicieux pour mettre en évidence l'impact sensoriel de la variété sur le goût du pain. Pour identifier des génotypes remarquables par leur qualité, un criblage variétal sur la qualité finale apparaît nécessaire.

L'identification de marqueurs morphologiques de la qualité permettrait également un premier tri au champ. C'est l'objectif de la deuxième expérimentation. En partant de l'existant, les paysans-boulangers et le fruit de leur sélection, elle tente d'identifier et de caractériser des génotypes de blé présentant un intérêt sensoriel. Les interviews, réalisées auprès de 11 paysans-boulangers, ont mis en évidence des stratégies de sélection liées à la qualité finale du pain reposant notamment sur l'utilisation de la diversité intra-spécifique et une recherche de variétés locales pour stabiliser les performances. À travers l'évaluation d'un grand nombre de variétés populations, certaines saveurs types sont apparues. L'arôme de « pâte à modeler PlayDo® » (associé à des arômes vanillés et épicés proche du pain d'épice) a été repéré dans plusieurs génotypes : 'Barbu d'Épire', 'Meunier d'Apt', 'Saissette de Provence', 'Khorazan' ou encore de la lignée pure 'Pyréno'. Le lien entre caractéristiques morphologiques et sensorielles est une nouvelle hypothèse scientifique qui est proposée au réseau d'expérimentation. Les différences entre des farines provenant d'un terroir et d'un génotype (génotype x environnement) sont plus marquées que celles entre farines provenant



C. VINDRAS

de plusieurs génotypes cultivés sur un même terroir. Le boulanger qui achète ses farines est donc plus sensible aux variations de qualité, et la recherche d'une filière de proximité associée à un ou deux agriculteurs pourrait favoriser une stabilité de la qualité. La culture de mélange est également encouragée par ces résultats, car elle limiterait encore plus la variation de qualité entre les génotypes.

Les multiplications des tests et les discussions entre partenaires ont permis d'adapter des outils aux contextes de la sélection participative décentralisée et aux objectifs variés des expérimentateurs. Cela aboutit à la proposition d'une démarche et d'outils pour intégrer la qualité sensorielle dans le processus de sélection. Des paramètres de l'épreuve de Napping¹ favorisant la différenciation et l'expression d'un consensus au sein du panel ont été identifiés. Dans le cas d'un paysan-boulangier voulant comparer différentes variétés de blé, la mise en œuvre d'une épreuve de Napping® avec ses clients dans son fournil s'avère dès lors pertinent. Cependant, cela ne lui permettra pas de comparer ses résultats avec ceux d'un de ses confrères. Cette méthodologie apparaît adaptée dans le cas d'une sélection individuelle sur les critères sensoriels. Pour optimiser le goût de la variété dans le pain et assurer un criblage variétal sur la qualité finale du pain, des paramètres de panification ont également été identifiés. Un guide d'expérimentation, allant de l'expérimentation au champ à la panification, sera proposé aux acteurs du réseau de recherche.

¹ C'est une méthode de mesure directe et globale de la perception, les dégustateurs doivent individuellement positionner des produits sur un espace à deux dimensions (nappe) selon leurs ressemblances / dissemblances sensorielles globales.

Des variétés de brocolis adaptées à l'AB et aux caractéristiques sensorielles remarquables

Il n'existe pas de variétés traditionnelles en France (donc pas de ressources génétiques) avec la forme de « tête » ronde et verte, à bouton floraux fins et réguliers, des hybrides F1 commercialisés. Ainsi, très peu de variétés existent sur le marché pour les producteurs en AB, d'autant plus que les techniques modernes de sélection utilisent des procédés biotechnologiques incompatibles avec les principes de l'AB pour assurer l'hybridation : la Stérilité Mâle Cytoplasmique (CMS) (Cf. les principes de l'agriculture biologique, International Federation of Organic Agriculture Movements, IFOAM). Des attentes sur la qualité organoleptique de ces légumes ont été recensées lors d'une enquête récente menée par l'Itab dans le cadre d'un programme national Casdar (Compte d'Affectation Spéciale Développement Agricole et Rural) (Rey et al. 2012).



Séance de dégustation de brocolis

C. VINDRAS

Créer des populations de brocolis aux caractéristiques sensorielles remarquables

L'étude de cas brocoli se situe plus en amont du processus de sélection et vise à mettre au point une stratégie de sélection intégrant le critère de la qualité sensorielle. Le principe consiste à créer une population composite à partir de parents aux caractères complémentaires. Un brocoli à jets italien aux caractéristiques gustatives intéressantes (une population traditionnelle, Di Cicco), un chou-fleur violet (population issue des ressources génétiques, Rosalind) et des brocolis violets (populations issues des ressources génétiques, Violet Queen, Purple Cape) ont été intercroisés pour établir une population variée recombinant tous les caractères d'intérêt dans l'espèce. Deux brocolis verts (Marathon et Samson, hybrides F1 sur auto-incompatibilité) ont été ajoutés pour avoir en référence la forme commerciale choisie par le marché actuel et s'adapter à la récolte mécanique.

Chaque année, des croisements et autofécondations ont été réalisés sur les plantes repérées lors des dégustations puis mis en culture pour la saison future. À chaque récolte les qualités organoleptiques ont été évaluées. Trois saisons se sont succédées au cours desquelles le protocole s'est affiné et avec la contrainte d'avoir à traiter un nombre d'échantillons croissant. En 2012, 16 échantillons issus de douze croisements et quatre témoins (parents fixés) ont été dégustés suivant une épreuve de classement (d'intensité) sur les descripteurs goût de chou, sucrosité et fondant avec un panel de consommateurs amateurs de choux. En 2013, le nombre d'échantillons a augmenté, ce qui a conduit à changer le protocole d'évaluation. Un panel recruté en interne (dans la Station Expérimentale Fruit de Rhône-

Abonnez-vous à

- Abonnement 2 ans (12 numéros) 66 €
- Abonnement 1 an (6 numéros) 35 €
- Abonnement 1 an étudiant 28 €
(joindre photocopie carte d'étudiant valide)

Commande de guides techniques Itab sur www.itab.asso.fr

- Profession Agriculteur Ingénieur
- Technicien Enseignant Étudiant

Nom Prénom

Structure

Adresse

.....

.....

Téléphone

E-mail

Chèque à l'ordre de l'Itab, à retourner avec ce bon de commande à :

CRM ART - Alter Agri - BP 15245 - 31152 Fenouillet Cedex - Tél : 05 61 74 92 59 - Fax : 05 17 47 52 67



Alpes, Sefra) a été entraîné à l'évaluation sur une échelle de 1 (faible intensité) à 7 (très forte intensité) de deux caractéristiques déterminantes de la qualité sensorielle : la sucrosité et l'amertume. Enfin en 2014, l'évaluation sensorielle a été confiée à un prestataire (panel externe) et un choix de 10 échantillons à évaluer a été fait sur la base des résultats des années précédentes et des observations agronomiques. Une épreuve de Napping® a été réalisée parallèlement par le panel interne pour comparer les résultats des deux épreuves et tenter de trouver une méthode d'évaluation sensorielle adaptée au contexte.

La stratégie de sélection mise en œuvre a été validée par le panel professionnel. En effet, les témoins sont bien différenciés sur le plan sensoriel des plantes sélectionnées. Le 'Marathon' présente de forts arômes de verdure tandis que le 'Rosalind' est caractérisé par des arômes de champignons et une saveur amère. Les nouvelles populations se différencient significativement des témoins et présentent de nouveaux arômes (saveur de beurre, noisette).

En termes de démarche pour intégrer les critères sensoriels dans un processus de sélection décentralisée plusieurs étapes semblent nécessaires. La découverte de l'espace produit, par la dégustation d'un grand nombre d'échantillons (provenant par exemple des premières générations du programme) apparaît indispensable à l'acquisition d'un « savoir évaluer » et à la distinction d'arômes. Cette phase peut prendre la forme de réunion hebdomadaire où le panel volontaire réalisera un brainstorming sur les différents échantillons. Des discussions autour de ces termes associées à un apport de références conduiraient à un meilleur consensus et une meilleure discrimination sur un certain nombre de descripteurs. Pour valider le processus et caractériser sur un plan sensoriel les nouvelles variétés, l'épreuve du Napping® avec le même panel semble adaptée.

Vers une sélection participative décentralisée intégrant la qualité sensorielle

Le développement et l'optimisation d'un réseau de recherche décentralisé et participatif est une alternative pour assurer une recherche de solutions adaptées à la diversité des contextes en AB et une recherche orientée vers l'action en favorisant l'appropriation des résultats, le changement des pratiques et le développement d'une capacité locale d'expérimentation.

Les agriculteurs ont démontré leur capacité à expérimenter. Leur expérience permet également l'intégration d'éléments nouveaux qui viennent enrichir la réflexion. L'optimisation d'une démarche participative passe par le développement d'outils adaptés au contexte, c'est-à-dire fiables mais simples et souples d'utilisation.

Pour assurer la fiabilité des résultats et renforcer la puissance (statistique) du dispositif, plusieurs outils sont en cours de développement à l'issue du programme Solibam. Parmi eux, un guide d'expérimentation est en cours de réflexion et vise à offrir un cadre d'expérimentation pour les individus ou associations souhaitant tester les qualités boulangères et sensorielles de différentes variétés et voulant mutualiser les résultats pour alimenter une base de données intégrant les critères de qualité finale. Des formations pour tous les acteurs de la recherche décentralisée sont conseillées. Pour les chercheurs, il faut favoriser la co-construction de connaissances. Pour les agriculteurs, des formations pour l'appropriation de la démarche scientifique facilitera la centralisation des données dans une base et la comparaison entre les résultats de différentes expérimentations (observations agronomiques et sensorielles) ou encore l'évaluation comparative de variétés sur des caractéristiques sensorielles. En analyse sensorielle, un enjeu supplémentaire est le calibrage de la perception. En effet, pour comparer des qualités sensorielles (aptitudes à la panification, évaluations, identifications d'arômes) un minimum d'entraînement est requis. Pour cela, une mise en commun du vocabulaire mais également l'apport de références concrètes (photos pour le protocole d'évaluation de l'aptitude à la panification, référence gustative pour l'évaluation de la qualité sensorielle) est nécessaire et passe par la formation des expérimentateurs. L'Itab propose d'ores et déjà une telle formation. ■

POUR EN SAVOIR PLUS

- Thèse : « Évaluation de la qualité sensorielle de produits pour la sélection participative en agriculture biologique : cas du blé et du brocoli » consultable à Itab Paris et Étoile sur Rhône, sur demande en PDF.
- Formation initiation à l'analyse sensorielle théorique et pratique axée pain dans le cadre de la filière paysans-boulangers proposée aux associations et groupements souhaitant faire de la « sélection gustative ». Contact : camille.vindras@itab.asso.fr
- Guide d'expérimentation intégrant les résultats de la thèse complémentaire à la formation à paraître en 2016.



LE CHALONY

Mieux appréhender la diversité par la complémentarité des méthodes de recherche

La vingtaine de partenaires du projet Solibam a développé un éventail d'approches de la recherche en station à la recherche participative. Ces différentes approches se sont révélées complémentaires pour balayer de manière large l'évaluation des impacts de la diversité génétique pour les agricultures biologiques et à faible intrants. | par **Estelle Serpolay (Itab)** et **Véronique Chable (Inra Rennes)**

Recherche et essais à la ferme, expérimentation en station, analyses en laboratoire, essais par des praticiens, gouvernance participative des projets, projets menés par des chercheurs... il existe une grande diversité de mise en œuvre la recherche, surtout en matière d'agriculture.

Au sein d'un projet, chaque partenaire apporte sa contribution selon sa spécialité et ses outils méthodologiques. Mais que se passe-t-il lorsque différents types de recherche se côtoient dans un même projet ? Ces différences sont-elles des barrières qui mènent à l'incompréhension ou au contraire cela implique-t-il un meilleur approfondissement des sujets étudiés ? Au-delà de la juxtaposition apparente des diverses expérimentations, comment passer à la complémentarité ? La combinaison de la diversité des approches est-elle possible, utile, nécessaire ? Que permet-elle à l'échelle d'un projet de l'ampleur de Solibam ?

De la recherche à la ferme à la recherche participative

Nous avons tous une idée de la recherche « classique », du chercheur qui expérimente dans sa

station ou dans son laboratoire, loin de la réalité du terrain. Cette vision n'est pas toujours fausse, mais elle n'est pas toujours vraie non plus, car de plus en plus de scientifiques, notamment dans la recherche agronomique, se rapprochent des praticiens, et vice versa. Cet élargissement des horizons de chacun amène à traiter les questions de recherche de manière plus globale, et aussi plus complexe, et une meilleure adoption des résultats par les divers acteurs. Lorsque la recherche sort de sa station, on l'appelle souvent recherche participative. Mais sous cette appellation se cache une grande diversité de formes de recherche. Sans vouloir être exhaustif, nous proposons ici une description (parmi d'autres) graduelle et synthétique des principaux types de recherche « hors station » réalisée par Gonsalves *et al.* (2005).

L'auteur distingue 4 types de recherche à la ferme selon les différents rôles des agriculteurs et chercheurs. Il considère qu'il y a les essais à la ferme d'une part (recherche conventionnelle « délocalisée ») et la recherche participative « authentique » d'autre part. Dans le cas des essais à la ferme, les champs des agriculteurs « remplacent » les stations des scientifiques avec une plus ou moins grande implication des agriculteurs dans la mise en place et les objectifs des essais. La recherche participative peut elle aussi prendre des formes différentes selon la répartition des tâches entre les agriculteurs et les chercheurs. Dans le cas de la recherche collaborative, chaque étape est discutée de manière collégiale et la recherche informelle est combinée à des approches expérimentales formelles. Dans le cas de la recherche dirigée par les agriculteurs, le chercheur est principalement présent pour apporter des ressources et des informations non disponibles localement aux agriculteurs qui mènent eux-mêmes le projet.

Chacun des types présentés peut se décliner, être nuancé selon les projets, mais aussi à l'intérieur d'un projet à différents niveaux. C'est le cas du projet Solibam, qui, en plus de développer des recherches classiques au sein des instituts, s'est appuyé sur différents projets locaux, eux-mêmes comprenant différentes étapes qui ont mobilisé telle ou telle forme de recherche, pour finalement apporter des connaissances d'ordre complémentaire sur les impacts de la biodiversité cultivées dans les systèmes bio et faibles intrants. Voici quelques exemples d'expérimentations autour du blé pour comprendre comment se créent les complémentarités.

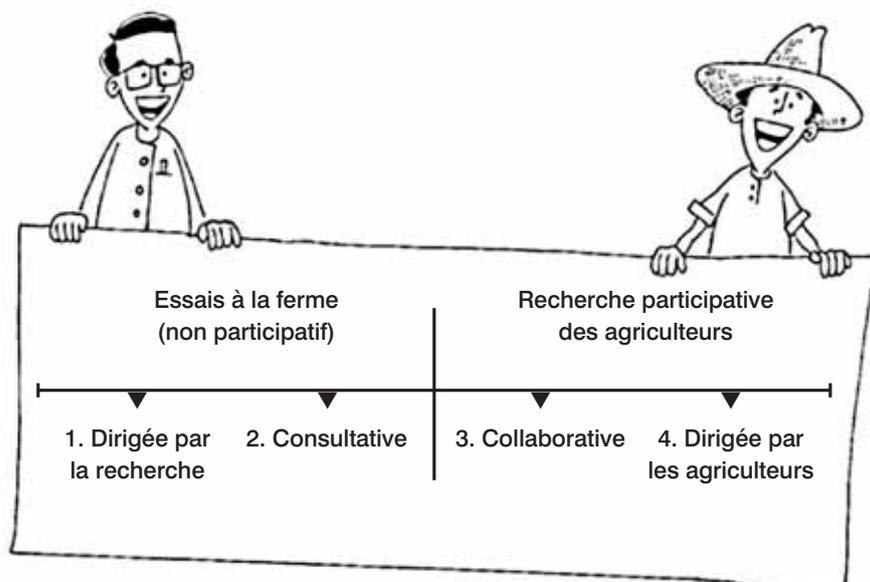


FIG. 1
DIFFÉRENTS TYPES DE RECHERCHE À LA FERME
(traduction de Gonsalves *et al.*, 2005)

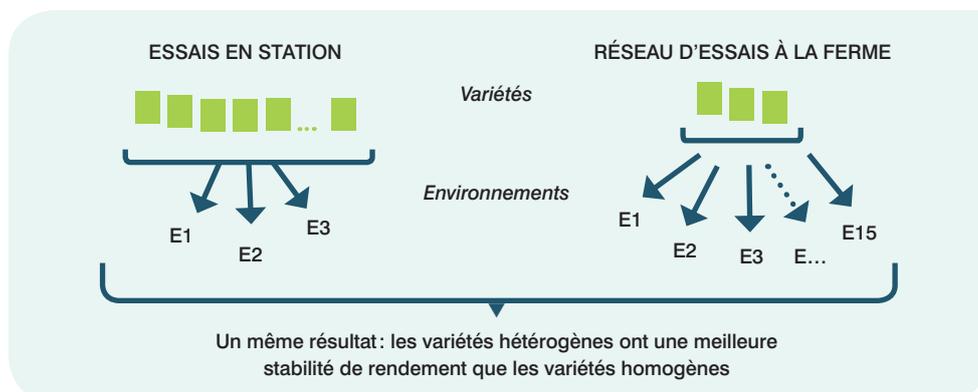
Solibam a mobilisé plusieurs formes de recherches

Plusieurs expérimentations en station ont été réalisées, en conditions contrôlées et pour tester certains facteurs très identifiés. Par exemple, l'université de Pise a expérimenté 8 variétés avec des niveaux de diversité génétiques différents, en association ou pas avec un couvert et montré que les populations diversifiées avaient un avantage sur les variétés moins diversifiées pour la concurrence aux adventices. Ce dispositif rassemble de nombreuses combinaisons en un seul lieu.

Des agriculteurs italiens ont mis des champs à disposition des chercheurs pour évaluer des variétés d'origines et de niveaux de diversité génétique variés. Ce dispositif a offert à des chercheurs de Grande-Bretagne et de Hongrie l'occasion d'acquérir des connaissances sur les comportements agronomiques des variétés de différents types (développées dans les instituts) sur des surfaces représentatives des conditions de production. Les variétés à forte diversité génétique ont exprimé de bonnes performances même loin de leur lieu de création. Ce dispositif a l'avantage d'élargir à moindre coût la zone d'étude des variétés afin de tester leur adaptation sur des critères généraux.

Un projet de sélection participative de blé a été développé à l'échelle de la France, en collaboration entre le Réseau Semences Paysannes (RSP) et l'équipe de recherche de l'Inra du Moulon. Il a pris forme à partir de croisements réalisés en collaboration entre un agriculteur du RSP et l'équipe de recherche pour se déployer ensuite en réseau. Ce projet a une forme collaborative très

FIG. 2
SCHÉMA DE SYNTHÈSE DE DEUX ESSAIS DE SOLIBAM QUI ABORDENT
LA MÊME QUESTION AVEC DEUX STRATÉGIES DIFFÉRENTES



marquée puisque les agriculteurs, les chercheurs et les animateurs des différentes associations locales travaillent ensemble à la définition des questions, des objectifs, des protocoles à mettre en place et l'analyse des résultats. La démarche est rediscutée chaque année et les résultats obtenus par la recherche donnent aux agriculteurs un éclairage extérieur et objectif à leur travail et permet si nécessaire de le réorienter (efficacité ou pas de la sélection réalisée, en relation avec les critères choisis). Grâce à la collaboration forte au sein de ce projet et la mise en réseau des acteurs, de nouvelles variétés paysannes diversifiées sont créées, testées et adaptées dans les champs des agriculteurs, et certaines sont déjà en production dans les champs.

Une question précise étudiée à travers différentes approches

Sur la question précise de l'impact de la diversité génétique sur la stabilité des rendements, des essais en station de l'ORC¹ en Grande-Bretagne et des essais à la ferme en France (projet participatif PaysBlé, suivi par l'Inra) démontrent de manières

différentes que plus la diversité génétique des variétés est élevée, plus le rendement est stable. L'ORC a testé une dizaine de variétés sur la station pendant 3 années (soit 3 environnements) et 3 à 6 agriculteurs du projet PaysBlé ont testé 3 variétés chaque année pendant 3 ans (soit 15 environnements de culture différents). Ces deux essais arrivent à la même conclusion (l'augmentation de la diversité génétique implique une augmentation de la stabilité du rendement) par 2 types de recherche différents, chacun avec ses points forts et ses points faibles spécifiques. L'essai en station de l'ORC a l'avantage de pouvoir observer un grand nombre de variétés mais dans peu d'environnements alors que le réseau d'essais à la ferme de l'Inra ne peut tester que peu de variétés mais dans un grand nombre d'environnements. Ainsi, le premier essai est puissant sur le nombre de variétés et l'autre sur le nombre d'environnements ; la puissance de l'un vient compléter la faiblesse de l'autre et *vice versa*. La complémentarité des dispositifs déployés au sein du projet Solibam renforce la robustesse des résultats.

¹ Organic Research Centre
www.organicresearchcentre.com

Différents types de recherche combinés au sein d'un projet local

Dans l'ouest de la France, le projet PaysBlé, qui avait pour mission d'étudier l'impact des variétés, de l'environnement de culture (sol-climat-pratiques) et des pratiques boulangères de la culture au champ à la dégustation du pain a mobilisé différents types de recherche. Ce projet local, intégré à Solibam, a été construit de manière participative (collaborative) à partir des questions de paysans et paysans-boulangers en relation avec l'Inra. Une réflexion multi-acteurs (paysans, boulangers, chercheurs de différentes disciplines,



Construction collégiale d'une grille de notation d'essais de blé dans un projet participatif

animateurs d'associations...) a permis de définir la démarche expérimentale avec les protocoles à chaque étape. Les essais au champ relevaient de l'expérimentation à la ferme consultative (le suivi des parcelles était assuré par la recherche en lien avec les agriculteurs pour la description précise de l'environnement et des pratiques étudiés). Les échantillons de grains ont été analysés sur le plan technologique par un laboratoire hongrois partenaire de Solibam qui a étudié grâce à ces échantillons, les impacts des facteurs variété et environnement du point de vue technologique «classique» (références industrielles). Les récoltes ont ensuite été panifiées par des boulangers et paysans-boulangers partenaires du projet qui ont mis en place, en collaboration avec la recherche, la grille d'analyse de la panification (étape participative et collaborative). Enfin, les pains expérimentaux ont été dégustés par des partenaires et des consommateurs selon une méthode proposée par la recherche (étape consultative). Des premiers résultats intégrant les données de tout le processus montrent que les variétés populations évaluées sont plus stables sur les caractéristiques agronomiques et techniques que la variété commerciale testée, alors que sur les aspects de panification et de dégustation, c'est le contraire : la variété commerciale donne un produit stable alors que les variétés populations sont plus sensibles aux conditions environnementales. Les différents types de recherche se sont complétés pour offrir une vision globale tout en faisant des focus sur des points précis intéressant les professionnels concernés pour approfondir des questions spécifiques. Mais pour que la recherche puisse être participative à certaines étapes, il est important que la construction du projet le soit dès l'origine. La diversité des types de recherche, des objectifs et des contextes spécifiques à chaque partenaire du projet Solibam s'est déployée à travers une diversité d'expérimentations et de résultats qu'il faut relire avec du recul pour dépasser les clivages méthodologiques et mettre en lumière leurs complémentarités. La connexion des différents réseaux de chercheurs, reliés eux-mêmes à différents réseaux d'acteurs locaux, élargit la gamme de sujets abordés ou, pour un même sujet, la gamme des points de vue. Les connaissances générées par ces approches complémentaires sont donc consolidées. Tout comme la diversité génétique est nécessaire à la robustesse des systèmes bio, la diversité des méthodes de travail est aussi nécessaire à la pertinence et à la robustesse de la recherche pour la bio. ■

*Que trouverez-vous
dans le nouveau catalogue
Vitalis 2015 ?*

100% de semences
certifiées biologiques

des semences
à la germination
optimale et constante

des conseils issus
de nos observations
terrain chez
des maraîchers bio

*Demandez le catalogue 2015
par mail : vitalis@enzazaden.fr*



Vitalis est distribué en France par :

Enza Zaden France Commercial

23, route de la Gravelle - 49650 Allonnes

T : 02.41.52.15.45 - F : 02.41.52.19.50

vitalis@enzazaden.fr - www.biovitalis.eu/fr

Sélection et production de semences bio vues par les entreprises semencières

Une enquête auprès des entreprises semencières européennes a été réalisée en 2013. Elle rapporte leur vision concernant la production de semences biologiques ainsi que leurs stratégies de sélection pour l'agriculture biologique. | par Frédéric Rey (Itab)

Entre 2011 et 2013, le marché des semences biologiques a connu une croissance positive dans certains pays, principalement en Europe du Nord. Une croissance qui devrait se maintenir à court terme mais faiblement. Cette croissance serait limitée par la facilité avec laquelle des dérogations peuvent être obtenues, ainsi que par quelques difficultés techniques pour la multiplication de certaines espèces en AB.

C'est ce que rapporte une étude réalisée dans le cadre des projets européens Solibam et Cobra¹ auprès d'entreprises semencières européennes. L'enquête montre aussi, concernant la sélection végétale pour l'agriculture biologique, que plusieurs programmes privés sont en cours. Ils seraient relativement peu nombreux en raison d'un faible retour sur investissement et de l'absence de règles adaptées pour l'enregistrement des variétés destinées au secteur de l'agriculture biologique.

36 répondants

L'enquête a été lancée en septembre 2013. Elle a bénéficié du soutien des partenaires des projets Cobra et Solibam pour sa large diffusion à travers l'Europe. L'organisation du 7^e atelier sur la réglementation européenne des semences biologiques, les 9 et 10 octobre 2013 à Bruxelles, par le Consortium européen pour la sélection végétale biologique (Eco-PB) a aussi été une réelle opportunité pour une forte mobilisation des acteurs autour de cette enquête.

Près de la moitié des 36 réponses exploitables obtenues, proviennent de la France et du Royaume-Uni, probablement en raison d'un meilleur relais de l'enquête dans ces pays. La majorité des répondants sont des sociétés impliquées dans la production de semences potagères et des semences de céréales. Selon elles, entre 2011 et 2013, c'est en France, au Royaume-Uni, en Allemagne et en Autriche que leurs ventes en semences biologiques ont le plus augmenté. Dans un futur

¹ Cobra : Coordinating Organic plant Breeding Activities for Diversity, projet Core Organic II (2013-2015)

FIG. 1
VISION PAR LES ENTREPRISES SEMENCIÈRES DE L'ÉVOLUTION DU MARCHÉ DES SEMENCES BIOLOGIQUES EN EUROPE, DANS UN AVENIR PROCHE*

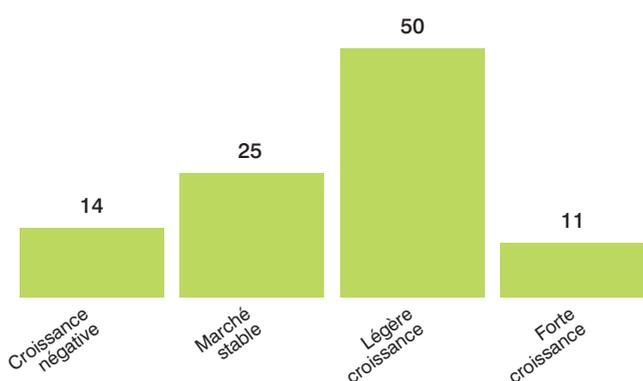
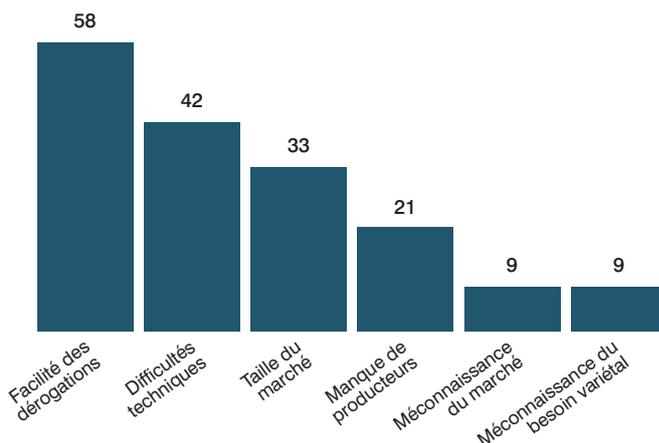


FIG. 2
PRINCIPAUX FACTEURS LIMITANT LE DÉVELOPPEMENT DES SEMENCES BIOLOGIQUES EN EUROPE, SELON LES ENTREPRISES SEMENCIÈRES*



proche, la majorité des répondants estime que la croissance du marché des semences biologiques sera positive mais faible (Fig. 1). Ils estiment que le principal facteur limitant est la facilité d'obtenir des dérogations pour des semences conventionnelles non traitées après récolte. Les difficultés techniques et l'étroitesse du marché sont également citées comme des facteurs limitants (Fig 2). Concernant les stratégies de sélection végétale pour l'AB, trois cas de figure co-existent :

- des programmes en bio des premières étapes de sélection jusqu'à la mise en marché des semences (cas de 8 entreprises ayant contribué à l'enquête),
- des premiers stades en conventionnel, puis des stades intermédiaires en AB,
- pas de programme de sélection pour l'AB, tout est réalisé en conventionnel.

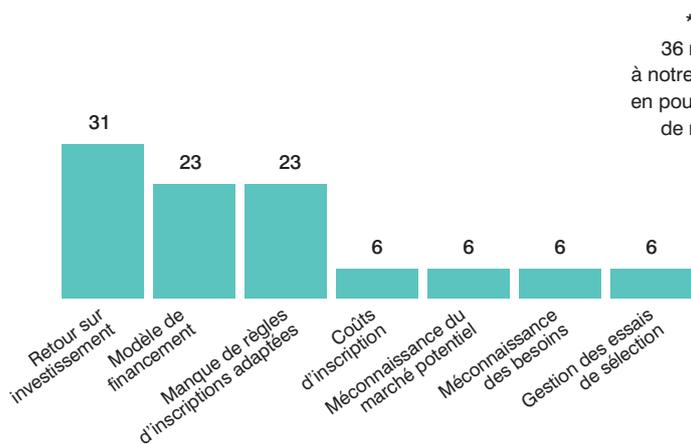
Pour 54% des entreprises, le principal facteur limitant au développement de programmes de sélection dédiés pour le secteur biologique était d'ordre économique : manque de retour sur investissement, absence de modèle économique viable. L'absence de règles adaptées pour l'inscription des semences biologiques est également un paramètre significatif avec 22% des réponses (Fig. 3). Neuf entreprises ont exprimé un intérêt pour une certification officielle de leurs programmes de sélection en AB.

Concernant l'évolution de la réglementation européenne sur la commercialisation des semences, l'enquête a révélé une réaction mitigée des entreprises de semences face à la proposition de la commission européenne du 6 mai 2013. Certains voient une opportunité, d'autres ont le sentiment que les évolutions proposées pourraient être une menace pour l'avenir de leur entreprise. ■

Remerciements

Merci à Delmond F, Bocci R, Löchenberger F, Messmer M., Howlett S., Mariegaard Pedersen T., Kiss C., Raaijmakers M. qui ont permis la réalisation et le succès de cette enquête. Merci également aux sociétés ayant contribué à cette l'enquête : Saatzucht LFS Edelfhof, Saatzucht Donau GesmbH&CoKG, Esporus, State Stende Cereal Breeding Institute, Saatzucht Gleisdorf, Rijk Zwaan, Agrolocica, Sejet Planteforædling, Bejo Zaden, CARNEAU, Cope Seeds Ltd, Sativa Rheinland AG, Bingenheimer Saatgut AG, Skea Organics Ltd, Vitalis Biologische Zaden B.V., Cotswold Seeds Ltd, Stormy Hall Seeds, Pearce Seeds, Dalton Seeds, Bejo France, Moles Seeds, Agrico, Robin Appel Ltd, SA PINAULT, Otto Hauenstein Samen AG, Agrosemens, IAR Agri Ltd, Vitalis, De Bolster, Graines voltz, OBS, Innoseeds, Field Options Ltd. Cette étude a bénéficié du soutien financier de la Commission Européenne à travers le projet SOLIBAM (FP7 KBBE- 245058), 2010-2014, www.solibam.eu et le projet Cobra (Coordinating Organic Plant Breeding Activities for diversity), 2013- 2016, Core Organic II, www.coreorganic2.org/COBRA

FIG. 3
PRINCIPAUX FACTEURS LIMITANT LE DÉVELOPPEMENT D'UNE SÉLECTION VÉGÉTALE SPÉCIFIQUE POUR L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE EN EUROPE, SELON LES ENTREPRISES SEMENCIÈRES*



*basé sur 36 réponses à notre enquête en pourcentage de réponses



Organic

Une sélection de variétés uniques

Bénéficiant des mêmes exigences de qualité Bejo, notre programme de production biologique comprend plus de 100 variétés, issues de notre génétique unique.



Une graine biologique

Bejo fournit des semences produites en agriculture biologique pour vous permettre de récolter des légumes à partir d'une semence qui n'aura jamais absorbé d'insecticide ou de fongicide pendant sa production.

C'est la garantie d'une production totalement bio, de la graine à l'assiette.



Proximité et conseils

Nos technico-commerciaux sont présents sur le terrain, à vos côtés pour vous apporter les conseils pertinents pour optimiser vos résultats et votre qualité. Nous partageons nos connaissances en éditant des brochures techniques disponibles sur simple demande ou en consultation sur www.bejo.fr.



bejo graines france S.A.S.

Beauchêne - Route de Longué
49250 Beaufort-en-Vallée
FRANCE
T + 33 (0)2 41 57 24 58
F + 33 (0)2 41 57 24 05
E info@bejo.fr
W www.bejo.fr



Commandez en ligne, retrouvez notre gamme complète ainsi que des conseils culturels sur www.bejo.fr



SOLIBAM

Strategies for Organic and Low-input integrated Breeding and Management

Grant agreement number: FP7- KBBE-245058

Collaborative project (Large-scale integrating project)

SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME

Les marqueurs moléculaires dans SOLIBAM : ce qu'ils nous disent sur la diversité génétique et l'évolution de populations cultivées

Workpackage concerné: WP2 Responsable: Isabelle Goldringer Diffusion: PU: Public

Résumé

Les outils moléculaires ont été utilisés dans SOLIBAM pour décrire la diversité génétique des populations étudiées (espèces cultivées ou apparentées sauvages), analyser l'évolution de ces populations lorsqu'elles étaient soumises à la sélection naturelle dans des environnements contrastés ou bien soumises à la sélection humaine paysanne avec des pratiques agro-écologiques. Les marqueurs sont un outil qui ne remplace en aucun cas l'observation des plantes dans les champs mais apporte des informations complémentaires sur l'histoire de ces populations. Cela permet par exemple de quantifier leur hétérogénéité ou leur homogénéité génétique, de déterminer si la culture dans certains environnements ou selon certaines pratiques de sélection impacte leur diversité génétique ou épigénétique, si certaines populations se ressemblent plus que d'autres et seraient issues de la même population ancestrale, si certaines populations apportent une diversité complètement originale par rapport à un pool de variétés plus classiquement utilisées...

Ces informations peuvent ensuite être utilisées par les sélectionneurs et paysans-sélectionneurs pour ajuster leurs pratiques de sélection en vue de mieux gérer la diversité génétique dans leurs populations.

Sommaire

1. Focus sur la diversité génétique et l'évolution de variétés paysannes et d'une variété certifiée de blé tendre.....	2
a. Les populations étudiées.....	2
b. Diversité génétique révélée par les marqueurs neutres.....	2
c. Différenciation génétique et phénotypique des populations après 3 générations de culture dans les fermes en Europe	4
d. Conclusion	5
2. Diversité générée par la sélection / gestion paysanne dans un programme de sélection participative sur le blé tendre.....	6
a. Les populations étudiées.....	6
b. Différenciation des populations soumises à la gestion / sélection paysanne.....	6
c. Conclusion.....	8
3. Coup d'œil sur la diversité génétique dans une collection de blés durs éthiopiens.....	9
4. Evolution de la diversité génétique de populations de maïs conduites en sélection participative.....	10
a. Le projet de sélection participative Portugais.....	10
b. Différenciation au niveau des marqueurs neutres.....	10

Focus sur la diversité génétique et l'évolution de variétés paysannes et d'une variété certifiée de blé tendre

INRA Le Moulon, France: AR Khan, M Thomas, J Enjalbert, I Goldringer

Les questions abordées : Quel est l'impact des modes de conservation / gestion sur la diversité génétique au sein d'une variété ? Quelle est l'évolution génétique de ces variétés en réponse à un changement d'environnement ?

a. Les populations étudiées

Les populations sont issues du projet européen FarmSeedOpportunities (FP6, Specific Support to Policies, 2007-2010). A l'automne 2006, nous avons mis en culture sur des fermes en Italie, aux Pays-Bas et en France des variétés paysannes proposées par les paysans et des variétés commerciales afin d'étudier leur plasticité et leur éventuelle évolution sur 3 générations de culture (2006-2007 à 2008-2009). Dans le projet SOLIBAM, nous avons étudié la diversité génétique de 7 de ces variétés paysannes et d'une variété commerciale, Renan, à partir des échantillons initiaux (G0) et d'échantillons issus de 3 années de culture (récolte 2009). Les variétés paysannes ont été choisies pour représenter différents types de gestion :

- 2 variétés de pays issues de conservation *ex situ* en banque de graines depuis moins de 5 ans : `Haute Loire' (`HL') et `Piave' (`PI') ;
- 2 variétés de pays ou variété historique (1880) cultivées continuellement à la ferme : `Solina d'Abruzzo' (`SO') et `Rouge de Bordeaux' (`RB') ;
- 2 mélanges paysans de variétés de pays issues de conservation *ex situ* en banque de graines : `Redon' (`RD') et `Touselles' (`TO'), mais cultivés pendant 5 à 10 ans à la ferme ;
- 1 mélange paysan de 2 variétés récentes (années 90) cultivé continuellement à la ferme pendant dix ans : `Zonnehoeve' (`ZH') ;
- 1 variété moderne Française: `Renan' (`RN'). Voir Dawson et al. (2012a & b) pour plus de détails.

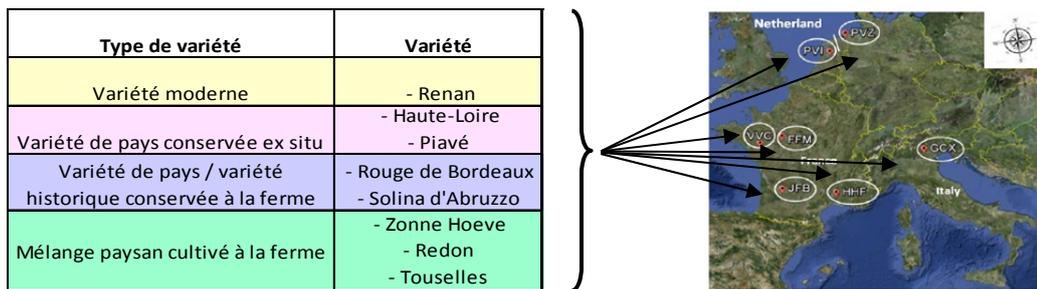


Figure 1: Les échantillons initiaux G0 des 8 variétés ont été distribués et cultivés sur 7 fermes de 2006-2007 à 2008-2009. En 2011: 56 populations x ~ 30 individus ont été génotypés avec 45 marqueurs neutres & 48 marqueurs situés dans des gènes potentiellement impliqués dans l'adaptation au climat et la hauteur.

b. Diversité génétique révélée par les marqueurs neutres

Définitions et principes

Les marqueurs sont des sites dans le génome qui présentent une variation de séquence d'un individu à l'autre. Dans notre cas, il s'agit par exemple du changement d'une base ou une insertion ou délétion de quelques bases (ils sont appelés SNP pour Single Nucleotide Polymorphism). Ils sont dits neutres lorsqu'ils sont localisés dans une zone non codante (qui ne sera pas transcrite et traduite en protéine). Cette zone peut cependant influencer la régulation de l'expression d'autres gènes. Ces marqueurs neutres sont répartis sur l'ensemble des chromosomes afin de renseigner sur la diversité et le comportement global du génome et donc sur l'histoire des populations étudiées.

A l'issue du génotypage, nous avons obtenu des données de bonne qualité pour 1 486 individus et 41 marqueurs neutres. Une méthode statistique nous a permis de détecter les groupes d'individus les plus homogènes possible et les plus différents entre eux. Nous avons trouvé 24 groupes parmi lesquels 22 sont presque spécifiques d'une variété alors que 2 sont partagés par 2 variétés ou plus. Les données ont ensuite été analysées au niveau individuel en traçant les réseaux de génotypes dans lesquels on relie entre eux 2

génotypes qui diffèrent à moins de 15 marqueurs. Cela permet de visualiser les individus qui sont les plus ressemblants génétiquement.

Résultats

Les 22 groupes spécifiques d'une variété ont été nommés d'après la variété correspondante (ex : HL1 pour le groupe spécifique de Haute-Loire) et les groupes partagés ont été nommés CG1 et CG2.

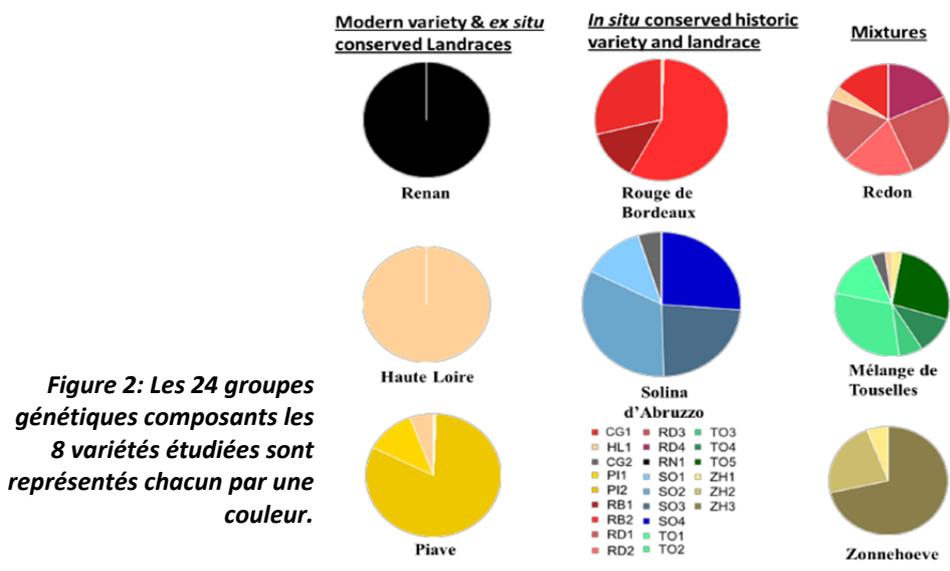


Figure 2: Les 24 groupes génétiques composants les 8 variétés étudiées sont représentés chacun par une couleur.

Les figures 2 et 3 montrent que la variété Haute-Loire est, comme Renan, composée d'un seul groupe génétique et toutes deux ont une diversité génétique intra-groupe quasi nulle : un génotype ultra-majoritaire et un génotype minoritaire. Piave est plus diverse, composé de 2 groupes spécifiques principaux un peu plus variables. Les gestionnaires de la banque de semences conservant Piave ont indiqué avoir potentiellement collecté deux sources différentes de la variété, ce qui pourrait expliquer sa structure génétique. La variété Rouge de Bordeaux comporte 3 groupes et une diversité plus importante, alors que Solina présente 5 groupes et une diversité des génotypes considérable, puisque presque tous les individus étudiés diffèrent les uns des autres à quelques marqueurs. Les 3 mélanges, Zonnehoeve, Redon, Touselles sont de complexité et de diversité croissante. La présence de 3 groupes différents et d'individus intermédiaires chez Zonnehoeve indique l'existence d'individus issus de croisements entre les 2 variétés mises initialement dans le mélange, ce qui montre le potentiel d'évolution des mélanges y compris de mélanges simples entre 2 variétés modernes. Redon comporte un groupe commun avec Rouge de Bordeaux qui pourrait être dû à l'introduction d'épis de cette variété dans le mélange.

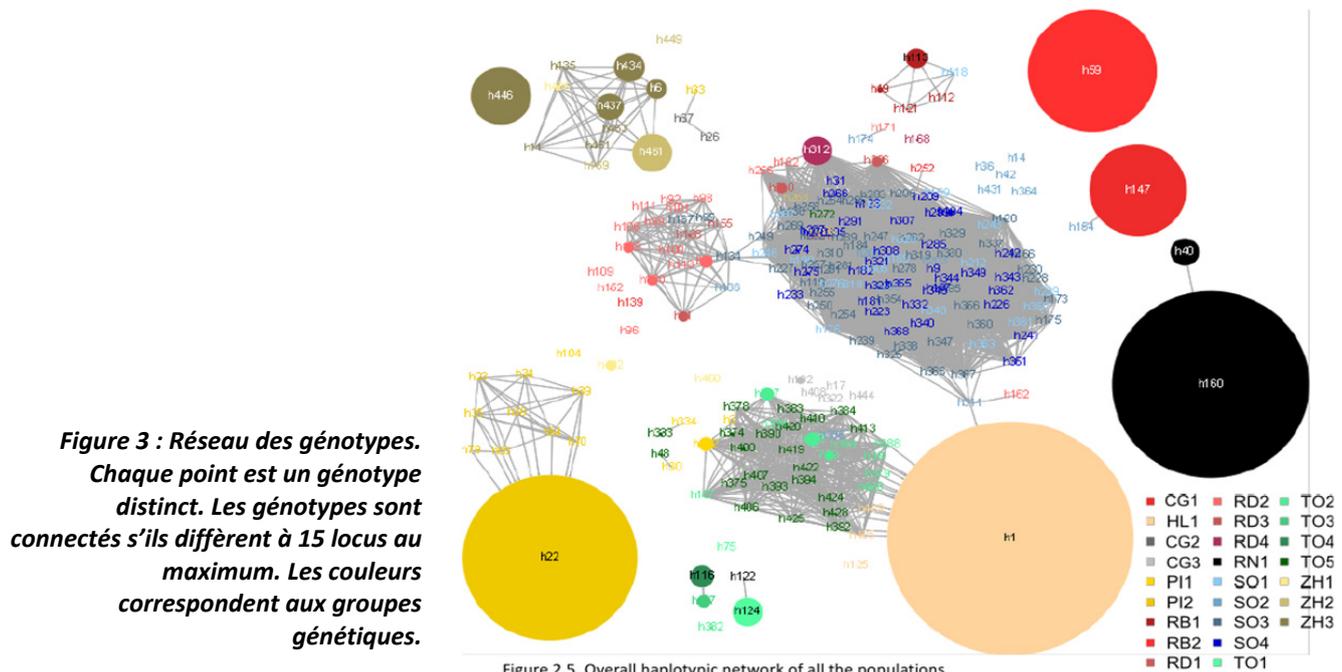


Figure 3 : Réseau des génotypes. Chaque point est un génotype distinct. Les génotypes sont connectés s'ils diffèrent à 15 locus au maximum. Les couleurs correspondent aux groupes génétiques.

Figure 2.5. Overall haplotypic network of all the populations.

Ces résultats montrent bien l'impact des pratiques de gestion / conservation de la diversité cultivée. Dans certains cas de conservation *ex situ*, comme celui de Haute-Loire, l'échantillonnage initial et/ou les modalités de régénération de l'accession au cours du temps ont conduit à un goulot d'étranglement drastique sur la diversité intra-variétale réduite à néant dans l'échantillon conservé. Au contraire, la variété de pays Solina d'Abruzzo, conservée *in situ* à la ferme depuis le 16^{ème} siècle nous donne une image de la diversité considérable que l'on peut rencontrer au sein d'une variété population, bien qu'elle soit autogame. On visualise ainsi l'accumulation au cours des siècles de micro-variations génétiques, alors même que les caractéristiques phénotypiques observées aux champs étaient relativement bien typées pour l'ensemble de la variété.

c. Différenciation génétique et phénotypique des populations après 3 générations de culture dans les fermes en Europe

Dans cette partie, on étudie si les différents échantillons issus d'une même variété et cultivés pendant 3 générations dans les 7 fermes en Europe évoluent et se différencient. Au niveau des marqueurs neutres décrits ci-dessus, on détecte une différence significative mais faible, qui est en moyenne de 3% environ entre populations issues d'une même variété. Qu'en est-il pour les marqueurs situés dans les gènes et pour quelques caractères mesurés ?

Approche

Nous avons étudié 48 marqueurs situés dans des gènes qui, dans la littérature, ont été trouvés associés à la précocité d'épiaison. L'hypothèse est que les allèles présents sur ces gènes sont liés ou influencent dans une certaine mesure le développement et la précocité des plantes qui les portent. Pour chacun de ces marqueurs, nous avons testé si les fréquences des allèles dans chaque population évoluaient plus vite au cours des 3 ans que celles des allèles aux marqueurs neutres. Si c'est le cas, cela signifie que les gènes sont peut-être soumis à une sélection locale, et donc qu'ils jouent dans l'adaptation de cette population. Les individus qui possèdent ces allèles présentent un avantage dans un milieu donné et ils vont laisser plus de descendants, c'est la sélection naturelle et l'on peut ainsi détecter si les gènes étudiés ont été sélectionnés ou non pendant les 3 générations de culture dans un environnement donné.

Parmi ces 48 marqueurs, seuls 34 se sont révélés polymorphes, c'est-à-dire présentant au moins 2 allèles sur l'ensemble des individus étudiés.

Résultats

Sur les 34 gènes polymorphes, 30 présentent au moins une variation de fréquence allélique significative dans une population, mais il y a peu de cas d'évolution dans le même sens, de gènes dans les populations de variétés différentes cultivées sur une même ferme. On remarque également que même les variétés les plus homogènes génétiquement, telles que Renan et Haute-Loire, présentent quelques variants à certains gènes qui évoluent fortement dans certains milieux. Il ne faut donc pas sous-estimer la capacité de variétés homogènes à mobiliser leur variabilité résiduelle pour répondre à la sélection. Au niveau des caractères mesurés -date d'épiaison et hauteur- on observe une différenciation significative entre au moins certaines populations pour toutes les variétés, y compris (mais dans une moindre mesure) les deux variétés homogènes génétiquement, Renan et Haute-Loire.

Lorsque l'on relie l'information génétique aux phénotypes, on observe que, parmi les gènes dont les fréquences ont varié dans le temps dans plusieurs populations, seuls 4 ont été trouvés associés à l'un ou l'autre des caractères phénotypiques dans les populations considérées. La structure génétique (les 24 groupes détectés) était, de son côté, souvent fortement associée à la variation des caractères.

d. Conclusion

La conservation *in situ* à la ferme permet de maintenir beaucoup plus de diversité génétique au sein des variétés que la conservation *ex situ*. Les mélanges de variétés de pays ou même de variétés récentes maintenues à la ferme ont conduit à une augmentation de la diversité génétique apportée par les variétés introduites dans le mélange, notamment à travers la création de nouveaux génotypes par croisements. La différenciation phénotypique pour les 2 caractères mesurés -hauteur, date d'épiaison- entre populations issues d'une variété et cultivées dans des environnements contrastés était plus forte pour les variétés de pays hétérogènes et pour les mélanges, que pour les lignées pures. Toutefois une certaine évolution a été observée pour ces dernières. Celle-ci pourrait s'expliquer par la mobilisation d'une variabilité résiduelle intrinsèque, ainsi que par des mécanismes épigénétiques. Globalement, ces résultats montrent que les mécanismes qui sous-tendent l'adaptation ne se réduisent pas à l'évolution de quelques gènes, mais que la structure génétique des variétés est un élément clé déterminant l'évolution des populations. Pour les variétés dont la composition est complexe (plusieurs groupes), un degré d'évolution est fourni par la variation des proportions de ces groupes, complété par de la variation intra-groupe.

Pour en savoir plus

Khan AR (2013) Short term response of European wheat populations to contrasted agro-climatic conditions: a genetic analysis and first step towards development of epigenetic markers in earliness gene VRN-A1. Thèse de l'Univ. Paris-Sud, ED Sciences du végétal.

Dawson JC, Serpolay E, Giuliano S, Schermann N, Galic N, Berthelot J-F, Chesneau V, Ferté H, Mercier F, Osman A, Pino S And Goldringer I (2012b) Phenotypic diversity and evolution of farmer varieties of bread wheat on organic farms in Europe. *Genet Resour Crop Evol* (Published online) DOI 10.1007/s10722-012-9822-x

Dawson JC, Serpolay E, Giuliano S, Schermann N, Galic N, Chable V & I Goldringer (2012a) Multi-trait evolution of farmer varieties of bread wheat after cultivation in contrasting organic farming systems in Europe. *Genetica* (2012) 140:1–17. DOI 10.1007/s10709-012-9646-9

Diversité générée par la sélection / gestion paysanne dans un programme de sélection participative sur le blé tendre

INRA Le Moulon, France: P Rivière, N Galic, S Pin, I Goldringer

Les questions abordées : Comment la sélection paysanne (participative) modèle-t-elle la diversité génétique des populations cultivées ? Quelle diversité initiale pour quelle réponse ?

a. Les populations étudiées

Les populations étudiées sont issues d'un programme de sélection participative sur le blé tendre initié par un paysan du Réseau Semences Paysannes (RSP), JF Berthelot (JFB) en collaboration avec l'équipe de recherche Diversité, Evolution et Adaptation des Populations (DEAP) de l'INRA du Moulon. Des croisements ont été réalisés en 2005 entre différentes variétés de pays, variétés historiques et variétés plus récentes de la sélection pour l'AB selon un plan déterminé par JFB. Des familles F1, puis F2 ont été dérivées de 90 croisements (1 famille par croisement) et multipliées sur la ferme. Des sélections d'épis ont été faites au sein de certaines familles et des échantillons d'environ 80 familles F3 sélectionnées ou non ont été distribués à 14 paysans à l'automne 2008. Deux paysans ont arrêté et 12 ont rejoint le projet en 2009. Depuis 2010, un nombre croissant de paysans participe chaque année (de 25 à plus de 40) aux essais. Les paysans entrant dans le dispositif ont reçu à chaque fois des semences sélectionnées ou multipliées sur une autre ferme. L'ensemble des informations sur l'histoire de ces lots de semences et les données qui sont mesurées est géré dans une base de données développée spécifiquement pour le projet.

b. Différenciation des populations soumises à la gestion / sélection paysanne

Approche

En 2012-2013, nous avons évalué la diversité génétique entre et au sein des populations du projet. L'objectif était de tester l'effet de 3 facteurs sur la diversité génétique et phénotypique des populations : (1) le type de croisement initial (VPxVP, VPxVA, VAxVA, VPxVM et VAxVM, avec VP = variété de pays, VA = variété ancienne / historique, VM = variété moderne) ; (2) la sélection massale au sein des populations ; (3) la ferme dont la population est issue.

Une évaluation agronomique a été réalisée sur 104 populations issues de 25 croisements et bon nombre de leurs parents, sur 3 fermes du projet de sélection participative. La diversité génétique au niveau du génome a été caractérisée avec les 48 marqueurs moléculaires neutres de l'étude précédente sur 40 populations issues de 12 croisements à raison de 15 à 25 individus par population.

Résultats

Les parents correspondent à des groupes génétiques bien distincts, ce qui est cohérent avec l'objectif de maximiser la diversité mobilisée. Aucune différence significative n'est détectée entre les types de croisements pour la diversité moléculaire ; 27% de la diversité est observée entre les croisements, alors que 13% apparaît au sein des croisements entre les populations locales. Cela indique une divergence significative entre les populations après 7 générations, due à la sélection naturelle dans chaque environnement particulier, à la sélection paysanne ainsi qu'à la dérive génétique. La dérive génétique correspond aux variations aléatoires de la composition génétique des populations liées à l'échantillonnage des gamètes pour former la génération suivante. Ce phénomène est d'autant plus fort que la taille de la population est petite. On note également que la diversité génétique est maintenue au sein de la plupart des populations, malgré la sélection et la dérive.

La différenciation des populations est illustrée avec le cas des populations issues du croisement C21. Les populations échantillonnées dans le réseau de sélection participative sont représentées en Figure 1.

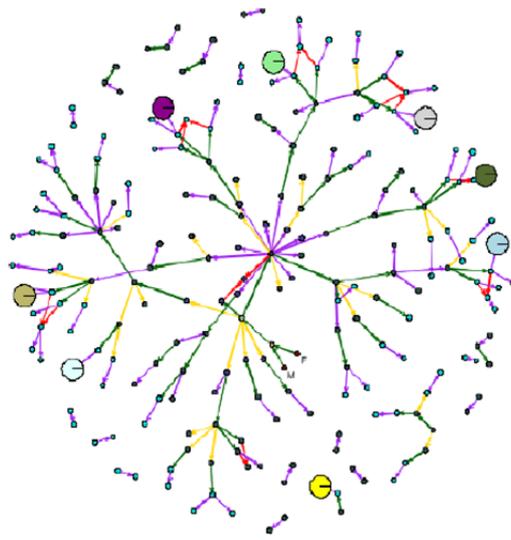


Figure 1: Histoire de toutes les populations dérivées du croisement C21 au sein du programme de sélection participative. Huit de ces populations (indiquées par des cercles plus larges) ont été étudiées.

Les parents du croisement C21 apparaissent clairement distincts (bleu & vert sur la Figure 2) et une très forte différenciation entre populations est détectée (Figure 2). Les populations se structurent en 3 groupes selon leur histoire. La diversité intra-population a été maintenue à un niveau très élevé, excepté dans une population qui s'est révélée avoir été sélectionnée en F2 par JFB (jaune, Figure 2).

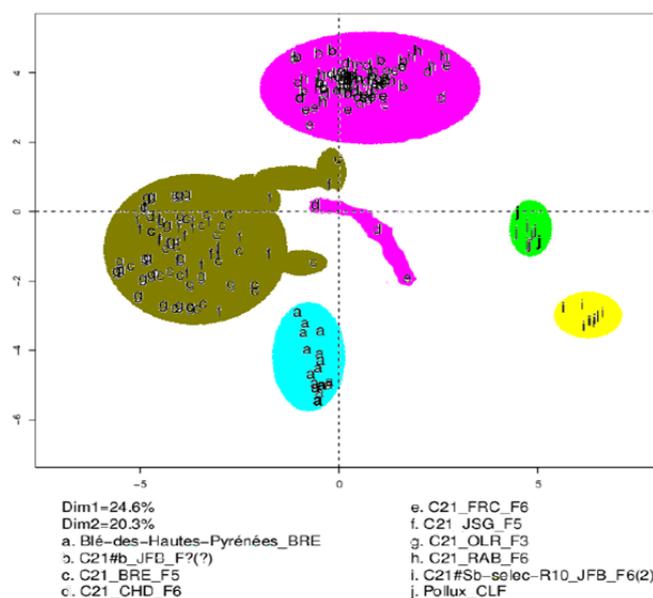


Figure 2. Représentation dans le plan défini par les 2 premiers axes de l'analyse en composantes principales (ACP) réalisée sur les marqueurs neutres pour les individus issus du croisement C21 et leurs parents. L'ACP permet de résumer en quelques nouvelles variables indépendantes une large part de la variation des marqueurs.

Au niveau agronomique, les croisements de type VMxVA et VMxVP ont conduit au développement des populations en moyenne les plus productives, toutefois, nous avons remarqué que des populations très performantes étaient aussi issues de croisements VPxVA par exemple.

c. Conclusion

Des analyses plus approfondies sont en cours. Les premiers résultats indiquent le potentiel considérable généré par le croisement de variétés d'origines variées, anciennes ou plus récentes. Au sein de chaque croisement, 2 à 3 générations de sélection à la ferme (sélection naturelle et paysanne) peuvent suffire à la divergence des populations, ce qui correspond potentiellement à une adaptation aux conditions locales. Les variétés de pays et variétés historiques française, ressources génétiques sous-exploitées dans la création variétale post seconde guerre mondiale, constituent une source de caractéristiques très intéressantes pour les paysans, qui se combinent avantageusement avec des variétés plus récentes. Cette approche ouvre des pistes pour la sélection de variétés populations rustiques, adaptées à l'agriculture biologique et présentant des qualités nutritionnelles et gustatives. Le choix des parents apparait important, puisqu'une part notable de la diversité est présente entre les croisements. L'expérience montre qu'il faut souvent un peu de temps pour que les paysans se lancent dans la conception de nouveaux croisements. Toutefois, la présence d'une large part de la diversité au sein des croisements et les possibilités, qui existent pour imprimer une direction spécifique à chacune des populations issues d'un croisement donné, sont des arguments en faveur de la flexibilité de cette approche y compris pour des paysans moins expérimentés.

Pour en savoir plus

Rivière P (2014) Développement de populations adaptées à l'agriculture biologique et à la gestion dynamique à la ferme : un programme de sélection participative sur le blé tendre en France. **Thèse** de l'Univ. Paris-Sud, ED Sciences du Végétal.

Dawson JC, Rivière P, Berthelot JF, Mercier F, de Kochko P, Galic N, Pin S, Serpolay E, Thomas M, Giuliano S & I Goldringer (2011) Collaborative Plant Breeding for Organic Agricultural Systems in Developed Countries. **Sustainability** 3(8): 1206-1223; DOI:10.3390/su3081206.

Rivière P, Goldringer I, Berthelot J-F, Galic N, Pin S, De Kochko P & JC Dawson (2015) Response to farmer mass selection in early generation progeny of bread wheat landrace crosses. **Renewable Agriculture and Food Systems, online first**, DOI:10.1017/S1742170513000343

Rivière P, Pin S, Galic N, de Oliveira Y, David O, Dawson J, Wanner A, Heckmann R, Obbellianne S, Ronot B, Parizot S, Hyacinthe A, Dalmaso C, Baltassat R, Bochède A, Mailhe G, Cazeirgue F, Gascuel J-S, Gasnier R, Berthelot J-F, Baboulène J, Poilly C, Lavoyer R, Hernandez M-P, Coulbeaut J-M, Peloux F, Mouton A, Mercier F, Ranke O, Wittrish R, de Kochko P, Goldringer I (2013) Mise en place d'une méthodologie de sélection participative sur le blé en France. **Innovations Agronomiques** 32 : 427-441.

Coup d'œil sur la diversité génétique dans une collection de blés durs éthiopiens

Scuola Superiore Sant'Anna, SSSUP, Italy : ME Pè, G Pea, M Catellani, D Kassahun Mengistu, Y Kidane, M Dell'Acqua

Les questions abordées : Est-ce que la connaissance des ressources génétiques générée par les marqueurs moléculaires nous renseigne sur la manière d'utiliser ces ressources en sélection ?

Un échantillon de 810 accessions classées comme des blés Ethiopiens tétraploïdes ont été fournies par l'Institute of Biodiversity Conservation d'Addis Abeba parmi lesquelles 477 possédant des données de passeport ont été retenues (Tableau 1).

Tableau 1: Nombre d'Accessions de *T. turgidum* ssp *durum* d' Ethiopie et leur région d'origine

Region	Number of Accessions
Amhara	210
Benishangul and Gumuz	1
Oromya	197
Southern Nations	7
Tigray	197
TOTAL	477

En 2012, 433 de ces accessions ont été génotypées avec des techniques de génotypage dites haut-débit : environ 90 000 marqueurs moléculaires neutres de type SNP (cf. description section 1). A ces échantillons, ont été ajoutés: 27 variétés améliorées de blé dur, 43 blés durs du Bassin Méditerranéen et 60 variétés de blé tendre de diverses origines. Finalement, 50 409 marqueurs informatifs ont été caractérisés pour les individus considérés. Il faut noter ici, que chaque variété est représentée par un seul individu, l'objet de l'étude n'est pas la diversité intra-population contrairement aux cas précédents.

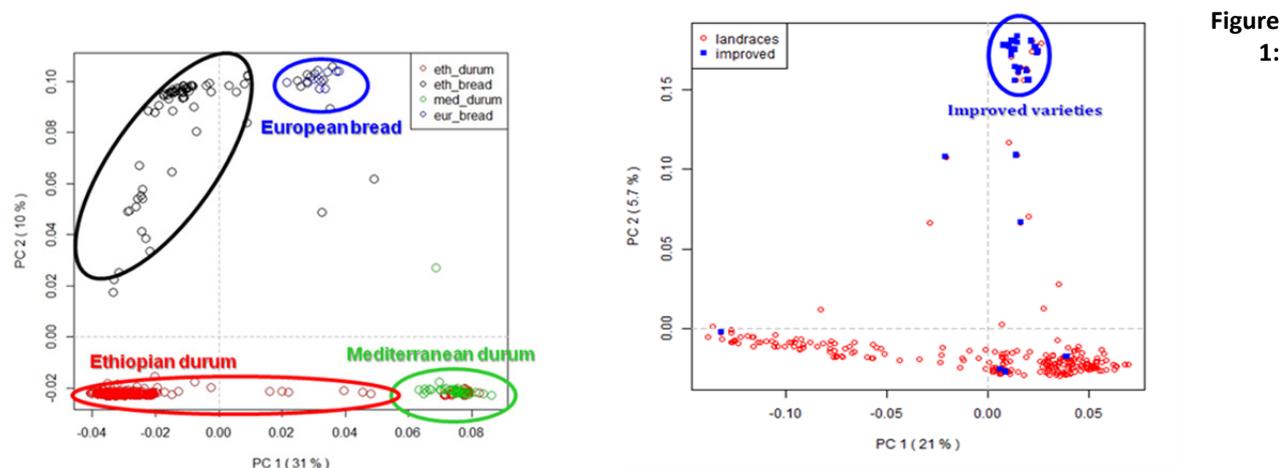


Figure 1:

Analyse en composantes principales, à gauche sur l'ensemble des données, à droite sur les seules variétés de blé dur Ethiopiennes. Les variétés de pays sont représentées par un cercle rouge et les variétés améliorées par un carré bleu.

Les résultats de la figure 1 montrent la claire séparation entre blés durs et blés tendres et au sein des blés durs, la spécificité des blés Ethiopiens. Les variétés de pays Ethiopiennes apparaissent plus diverses et pour partie différentes des variétés améliorées et semblent pouvoir constituer des ressources originales pour la sélection variétale future.