



LES

10

INNOVATIONS CLÉS DE SOLIBAM

Cultivons la diversité



LES 10 INNOVATIONS CLÉS
DE SOLIBAM
Cultivons la diversité

Sommaire

Introduction page 4

#1 Stabilité des performances grâce à la page 6
diversité génétique et la connaissance des populations



#2 Une approche basée sur l'interaction page 8
plantes-pollinisateur pour développer des variétés
de féveroles pour les systèmes agricoles à faibles intrants



#3 Développement de nouvelles lignées page 10
de blé tendre d'hiver pour l'AB



#4 Cultures associées page 12



#5 Outils pour la gestion et la sélection page 14
participatives des ressources végétales



#6 Innovation sociale et action collective page 16
pour une recherche participative et décentralisée



#7 Méthodes de sélection intégratives page 18
pour améliorer les qualités sensorielles



#8 Produits innovants aux qualités page 20
améliorées



#9 Outils de modélisation pour évaluer page 22
et améliorer la durabilité environnementale
et socio-économique des fermes



#10 Adaptation du système semencier page 24



Introduction

SOLIBAM : De la recherche multi-acteurs et transdisciplinaire à l'innovation

Le projet **SOLIBAM** a été l'occasion d'élaborer, puis de tester de nouvelles stratégies de sélection, combinées à des pratiques agronomiques innovantes, dans le but d'améliorer la performance, la qualité, la durabilité et la stabilité des systèmes de cultures en Agriculture Biologique (AB) ou à faibles intrants. Basé sur la diversité des environnements européens, le programme a également intégré le contexte des petites fermes africaines, principalement en Ethiopie. En tant que projet de recherche, **SOLIBAM** a associé de nombreuses disciplines dans le but d'accroître la diversité des systèmes, et d'en mesurer l'impact sur les différents niveaux de production agricole, embrassant ainsi aussi bien les aspects génétiques que les dimensions environnementales et socio-économiques.

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 variabilité à l'intérieur du système agricole, combinée à une large gamme de variations environnementales. Pourtant, être en capacité de choisir les plantes et les pratiques adaptées à un contexte est le seul moyen de développer un système agricole durable, se caractérisant par des interactions complexes. Le cœur de nos travaux s'est donc concentré sur le développement d'outils méthodologiques destinés à améliorer la compréhension et la gestion de cette complexité.

SOLIBAM, ce sont aussi plus de 50 expérimentations en champ réalisées dans 12 pays, dans lesquelles des innovations ont été testées pendant au moins 3 saisons, entre 2010 et 2014, sur les espèces-modèles du programme : blé, orge, maïs, féverole haricot, tomate et brocoli. Les expérimentations visaient à évaluer les systèmes agricoles et les « performances » des cultures au crible de 10 concepts, formulés en vue d'englober l'ensemble des objectifs de **SOLIBAM**. : (1) Résilience, (2) Robustesse, (3) Biodiversité fonctionnelle, (4) Stabilité des rendements, (5) Adaptation spécifique, (6) Cultures associées, (7) Durabilité, (8) Processus d'évolution, (9) Qualité organoleptique et (10) Recherche participative (voir le livret « 10 concepts clés de **SOLIBAM** – Cultivons la diversité »). Les compétences plurielles du groupe de recherche, parmi lesquelles la génétique, la sélection variétale, l'agronomie, l'écologie, les sciences de l'alimentation, les statistiques, la sociologie et l'économie, ont petit à petit permis d'établir des passerelles entre les savoirs et abouti à la définition de ces concepts.

Outre les activités consacrées aux recherches sur le terrain et sur les cultures, le système agricole dans son ensemble a été étudié à 3 échelles : le système cultural, la ferme et la chaîne allant du sélectionneur à l'agriculteur (sélection variétale et aspects juridiques), jusqu'au consommateur (système de distribution agro-alimentaire). Des études de cas au Royaume-Uni, en France, en Italie et au Portugal ont permis de se concentrer plus spécifiquement sur l'efficacité d'emploi des ressources, les impacts environnementaux, et les évaluations socio-économiques.

SOLIBAM a ainsi 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

A travers son interface conviviale, ce livret présente 10 innovations clés de **SOLIBAM**, des innovations basées sur la diversité du champ à l'assiette. Pour chacune de ces innovations, des partenaires de **SOLIBAM** décrivent le contexte, les activités réalisées au cours du projet et les nouvelles idées qui ont été développées (ex. produit, technique, service, processus de production, nouvelle méthode d'organisation).

Qu'est-ce que l'innovation ?

D'après les directives des Partenariats Européens pour l'Innovation (PEI), l'innovation est souvent décrite comme une nouvelle idée qui s'est révélée concluante dans la pratique. Cette nouvelle idée peut désigner un produit, une technique, un service, un procédé de production, une méthode d'organisation, etc. L'idée en question ne devient une innovation qu'à partir du moment où elle est largement adoptée et reconnue comme efficace.

La « force créative » d'une idée n'induit pas nécessairement son adoption généralisée. Celle-ci dépend aussi des opportunités du marché, de la volonté du secteur à l'adopter, de sa rentabilité, des connaissances et des perceptions, de facteurs externes accidentels, etc. Il est impossible de prédire l'action conjuguée de ces facteurs, et donc leur capacité à transformer une idée en innovation. C'est pourquoi l'on ne peut déterminer qu'a posteriori si la nouvelle idée a conduit à une réelle innovation.

Les innovations peuvent être « incrémentales » c'est-à-dire qu'elles apportent des améliorations (parfois très légères) au précédent système, sans le modifier considérablement ; ou « radicales », lorsqu'elles induisent une reconfiguration totale du système. Le projet INSIGHT a aussi proposé une typologie de l'innovation, qui inclut (1) les innovations technologiques, (2) l'innovation fondée sur la connaissance et (3) les innovations sociales et organisationnelles.

#1

Stabilité des performances grâce la diversité génétique et la connaissance des populations



Résumé

La stabilité des performances (dont la stabilité des rendements) est la capacité d'une variété à offrir des performances régulières dans des environnements variés, dans l'espace et dans le temps. En raison des larges variations environnementales, de plus en plus nombreuses et imprévisibles, la « variété » doit disposer d'une grande capacité d'adaptation aux différents stress. Or, l'uniformisation des génotypes ne permet pas d'atteindre cet objectif. C'est pourquoi **SOLIBAM** développe et teste des solutions alternatives qui augmentent la diversité génétique, telles que les mélanges de populations ou les populations issues de croisements (« Composites Cross Populations », ou CCP). Le projet teste ces solutions pour la performance et la stabilité des cultures, principalement sur les céréales mais aussi sur d'autres productions à travers l'Europe.

Contexte

Les lignées pures et les variétés génétiquement uniformes sont généralement sélectionnées afin d'assurer une performance optimale dans des environnements rendus plus stables et prévisibles par le recours aux intrants artificiels. Cependant, à travers la grande diversité des systèmes de cultures biologiques et à faibles intrants – et dans un climat de plus en plus instable – les lignées pures n'ont pas la capacité de répondre ou de s'adapter. Cette capacité est pourtant fondamentale : c'est elle qui permet aux plantes de tamponner les stress abiotiques. Elle dépend pour une grande partie de la diversité génétique au sein des cultures et des systèmes agricoles. Les expérimentations conduites dans le cadre de **SOLIBAM** s'intéressent aux avantages et aux limites de cultures présentant différents niveaux de diversité génétique. Le but est d'identifier les critères, les approches de sélection végétale, ainsi que les différentes pratiques agronomiques possibles répondant le mieux au besoin de stabilité des rendements en termes de performance et de qualité dans des contextes agronomiques variés et changeants.

Activités

La diversité est une des pierres angulaires du projet **SOLIBAM**. Toutes les expérimentations en champ ont cherché à mobiliser différents aspects de cette diversité, au sein des et entre espèces, afin d'améliorer la performance et la stabilité des cultures. Concernant la diversité entre espèces (interspécifique) : un des cas d'étude cherche à comprendre comment la diversité dans le système de culture peut être gérée en lien avec le choix variétal, afin de réduire l'apport d'intrants externes tout en assurant la stabilité du rendement. Par exemple, afin de stimuler la fertilité du sol, des plantations de tomates sont précédées d'un couvert végétal (légumineuses), puis semées entre des bandes fleuries pour attirer les pollinisateurs. Par ailleurs, plusieurs cultures associées ont été testées afin de déterminer si, et comment la diversité génétique entre



#1

Stabilité des performances grâce la diversité génétique et la connaissance des populations

les espèces contribue à améliorer le processus d'association à travers une meilleure complémentarité des espèces. Un exemple concerne les céréales, qui sont cultivées avec différentes légumineuses en fonction de leur niveau de diversité génétique.

Concernant la diversité au sein d'une espèce (intra-spécifique) : des essais comparatifs conduits dans différentes régions ont permis d'évaluer l'impact de la diversité intra-spécifique sur certaines productions (blé, orge, maïs, haricots, brocolis et tomates). Les ressources génétiques étudiées vont des lignées pures « modernes » aux variétés populations et aux mélanges de populations. Certains essais ont introduit de nouvelles populations synthétiques, rassemblant des génomes dont on ne peut retracer l'origine, tandis que d'autres avaient pour objet de comparer des populations bien établies ou nouvelles, à des lignées pures témoins et des mélanges de semences. Une autre approche consiste à mélanger populations et variétés issues de sélection généalogique pour maximiser les avantages des deux. Les essais sont conduits dans des systèmes différents (conventionnels, à faibles intrants ou bio) pour déterminer leur potentiel dans différentes conditions.

Description de l'innovation

La diversité est la clé de la stabilité des performances culturales dans des conditions hétérogènes. Cette piste d'innovation fournit un solide socle de connaissances pour guider le développement de nouvelles approches de sélection spécifiques à l'agriculture biologique et à faibles intrants, et ce, dans un contexte de rapides bouleversements climatiques. Le large éventail des expérimentations donne ainsi des résultats qui intéresseront une large palette d'acteurs, dont les sélectionneurs, chercheurs, agriculteurs et éleveurs.

La comparaison des performances entre les populations, les mélanges et les lignées pures nous renseigne sur la meilleure façon de développer et d'utiliser la diversité culturelle dans les systèmes biologiques et à faibles intrants. L'association de populations et de lignées pures dans un mélange reste encore à expérimenter ; elle offre la possibilité de combiner la grande diversité des populations et les hauts rendements des lignées. Le fait de tester, dans des environnements différents, des stratégies de sélection variées pour les grandes-cultures et les espèces potagères permet d'identifier les méthodes les plus appropriées selon l'espèce et l'objectif poursuivi. Ces travaux donnent une meilleure appréciation de l'influence du degré de diversité sur la capacité d'une culture à réagir de façon compensatoire ou complémentaire aux stress environnementaux, amenant à une nette amélioration de la stabilité des performances. Dans le sillon du programme SOLIBAM, l'UE a donné son aval pour une « expérimentation temporaire », afin de tester la commercialisation et la conservation de populations de blé à l'échelle européenne (voir innovation n°10).

Où : Royaume-Uni, France, Italie, Portugal, Ethiopie, Autriche

Quand : 2010-2014

Qui : ORC (Royaume-Uni), HAS (Hongrie), INRA, Gautier et ITAB (France), AI AB, Arcoiris et UNI PG (Italie), EASC (Portugal), I CARDA (Ethiopie), Donau (Autriche)

Contact : sally.h@organicresearchcentre.com

#2

Une approche basée sur l'interaction plantes-pollinisateur pour développer des variétés de féveroles pour les systèmes agricoles faibles intrants



Résumé

Ces dernières années, le déclin des populations d'abeilles a suscité l'intérêt des chercheurs pour les services écosystémiques rendus par les féveroles, et plus particulièrement par leurs fleurs : certaines abeilles en font effectivement une de leurs cibles préférées. En renforçant les relations avec les pollinisateurs pour faciliter le processus de croisement, il est possible d'améliorer considérablement le rendement et la résilience des féveroles. Afin de développer les services écosystémiques et des variétés populations à pollinisation libre améliorées pour les systèmes à faibles intrants, la contribution des interactions cultures-pollinisateurs dans l'amélioration des performances a été étudiée.

Contexte

La création de variétés populations de féverole, basées sur des patrimoines génétiques diversifiés, ainsi que l'utilisation des pollinisateurs comme « catalyseurs de croisements », devrait être considérée comme une opportunité pour les agriculteurs de s'assurer un revenu durable. La pollinisation libre est une méthode de croisement adéquate : pour l'organisation personnelle de l'agriculteur d'une part, pour l'adaptation aux conditions spécifiques du lieu d'autre part. Pour une gestion efficace des pollinisateurs sur l'ensemble du champ, un plan d'expérimentation a été proposé, grâce auquel sélectionneurs et agriculteurs ont pu développer des cultivars de féverole aux caractères génétiques plus variés (hétérozygotie et hétérogénéité). Ces cultivars ont permis d'accroître la quantité de ressources florales sur le site cultivé, venant ainsi en soutien aux populations d'abeilles. Cette approche se révèle être une stratégie prometteuse pour faire contribuer les petites exploitations agricoles

Activités

Six accessions de féveroles, sélectionnées pour le caractère hétérogène de leurs phénotypes, ont été cultivées dans le but de développer des populations adaptées au contexte local, capables de tirer parti du bénéfice apporté par l'agriculture à faibles intrants sur la densité et la diversité des pollinisateurs. Les abeilles pollinisatrices favorisent la sélection variétale sur des critères floraux essentiels en termes de découverte, d'attraction et de récompense des pollinisateurs. Leur comportement pourrait aussi sélectionner des traits qui améliorent les schémas de production de

#2

Une approche basée sur l'interaction plantes-pollinisateur pour développer des variétés de féveroles pour les systèmes agricoles faibles intrants

semences. La dynamique du pollen a été étudiée dans 2 contextes différents (pollinisation libre versus espace fermé, exclusion des pollinisateurs) pour 1) examiner l'impact de la sélection naturelle sur la performance des cultures, et en quoi la sélection basée sur les agents pollinisateurs détermine les évolutions génétiques et les dynamiques d'adaptation; et 2) explorer les liens entre les caractères floraux et l'interaction culture-pollinisateurs, les composantes de la production de graines, le pool génétique et le type de pollinisation. Plusieurs niveaux de diversité ont été décrits grâce à plusieurs outils statistiques.

Description de l'innovation

Si l'on prend en compte le fait que les systèmes agricoles à faibles intrants reposent largement sur des ressources locales telles que les abeilles, cette étude souligne l'intérêt de certains caractères (génétiques/floraux) permettant de développer les interactions entre cultures et pollinisateurs, et contribue ainsi à réaliser pleinement le potentiel des systèmes agricoles à faibles intrants.

Nous avons pu donner un aperçu des mécanismes floraux dans le cadre d'une sélection par les pollinisateurs - sélection par laquelle les modes de production des graines varient sensiblement, en particulier entre les pools génétiques qui évoluent dans des contextes de pollinisation différents.

La réponse aux sélections effectuées dans des contextes de pollinisation différents se caractérise par une série de modifications (architecture de la plante, feuilles) qui pourraient se solder par des incompatibilités entre culture et pollinisateurs. Cela engendrerait alors une chute des services éco-systémiques rendus par les féveroles, et réduirait par conséquent la capacité de la plante à bénéficier de la diversité génétique obtenue par l'intermédiaire des agents pollinisateurs. Les expériences menées dans le cadre de SOLIBAM fournissent les outils nécessaires pour éviter de tels écueils.

Ces travaux ont également permis de mieux cerner l'influence des pollinisateurs : des traits essentiels à la performance des féveroles (tels que la dimension ou le poids des graines) sont indirectement sélectionnés par les pollinisateurs à travers les caractéristiques florales. Le nombre de graines par plantes, principal indicateur du rendement à venir, dépend grandement des pollinisateurs. Des études complémentaires, se concentrant sur les traits floraux additionnels permettant le recrutement local et à distance des abeilles, devront être menées afin de mieux comprendre les effets positifs des pollinisateurs sur le nombre de grains.

Où : Espagne

Quand : 2010-2014

Qui : IAS-CSI C (Espagne, María José Suso)

Contact : getsusom@uco.es; mj.suso@ias.csic.es

#3

Développement de nouvelles lignées de blé tendre d'hiver pour l'AB



Résumé

Il y a un besoin croissant, pour les agriculteurs en Agriculture Biologique (AB), dont les conditions de cultures sont souvent très variées, de disposer de variétés de blé tendre résilientes, robustes et résistantes, sélectionnées spécialement pour les conditions agrobiologiques. Par conséquent, améliorer la stabilité des performances des variétés en intégrant des populations diverses au processus de sélection constitue l'un des principaux objectifs de sélection pour l'AB en Hongrie. Appliqué dans des systèmes de cultures différents, ce procédé a permis de développer de nouvelles lignées de blé panifiable, candidates aux tests officiels de Valeur Agronomique et Technologique (VAT) nécessaires à l'inscription.

Par ailleurs, en Autriche, un marqueur moléculaire a été utilisé pour repérer les accessions résistantes à la carie du blé, une maladie transmise par les semences. Une des lignées sélectionnées au cours du programme, SDZ 5356, a été inscrite aux tests officiels de VAT biologiques en Autriche à l'automne 2013. Coordonnés par l'agence autrichienne AGES et l'antenne IFA Tulln de BOKU, ces tests en champs sont en cours dans le cadre du projet COBRA (Core Organic II) afin de valider les capacités de résistance à la carie.

Contexte

Développer l'adaptabilité des nouvelles variétés pour l'AB revêt d'une importance capitale : cela permet aux cultures de résister aux stress biotiques et abiotiques. Développer un programme sélection végétale biologique sur des parcelles en AB avec des populations composites ou des populations issues de croisements simples pourrait être une stratégie prometteuse pour créer de nouvelles variétés plus stables et mieux adaptées aux environnements variés.

Ces dernières années, la carie commune du blé (*Tilletia caries*) et la carie naine (*Tilletia controversa*) ont causé de sérieux dommages à des agriculteurs en AB à travers l'Europe. L'apparition des caries s'explique principalement par des lacunes dans le processus de contrôle de la qualité des semences reproduites à la ferme. Ce problème a particulièrement touché l'Autriche, où les variétés de blés les plus cultivées en AB sont sensibles à la carie. Couplées à des conditions climatiques propices, comme par exemple une longue couverture neigeuse et le développement retardé de la végétation au printemps (comme ce fut le cas en 2013), les spores de carie logées dans la graine ou dans le sol peuvent causer des infections sévères dans les cultures de blé.

#3

Développement
de nouvelles lignées
de blé tendre d'hiver
pour l'AB

Activités

Plusieurs programmes de sélection ont été conduits par le Centre de Recherches Agronomiques de l'Université Hongroise des Sciences (MTA ATK) depuis le lancement de SOLIBAM. Le but était de déterminer si des lignées de blé tendre partageant les mêmes origines ancestrales pouvaient évoluer différemment dans des contextes de sélection différents (parcelles en AB et à faibles intrants). Un des principaux aboutissements de ce travail est le développement de lignées de blé pour l'AB, issues à la fois de variétés hybrides simples et de populations issues de croisements dirigés (CCP). Certaines de ces lignées prometteuses devraient être les premières variétés de blé panifiable dédiées à l'AB cultivées et référencées en Hongrie.

En Autriche, l'entreprise semencière Saatzucht Donau a réalisé 23 croisements avec la variété-source « Weston » résistante à la carie, afin d'intégrer ses caractères de résistance dans le génome du blé d'hiver. Les lignées ont été préalablement sélectionnées pour leurs caractères agronomiques majeurs, tels que la qualité et la résistance aux maladies foliaires. Le gène de résistance à la carie, Bt10, a été détecté suite à des analyses des marqueurs moléculaires. Le rendement et la qualité de 148 nouvelles lignées sont actuellement étudiés sur un site en AB et sur plusieurs parcelles conventionnelles.

Description de l'innovation

De nouvelles lignées de blé tendre pour l'AB ont été sélectionnées en Hongrie et en Autriche dans le cadre de SOLIBAM.

Après 3 générations de sélection au cours du projet SOLIBAM, de nouvelles lignées de blé d'hiver panifiable pour l'AB ont été retenues pour des tests de performance en Hongrie. Ces derniers ont permis d'identifier 2 lignées prometteuses qui ont surpassé la variété-témoin (Mv Emese) non seulement sur les sites en AB, mais également en systèmes à faibles intrants. Ces lignées proviennent principalement de populations issues de croisements dirigés (CCPs) après la mise en place d'une stricte sélection en épi-ligne. Certaines proviennent néanmoins du croisement de variétés « élite » communes. Ces résultats soulignent la nécessité d'encourager l'utilisation des populations complexes dans les programmes de sélection de blés pour l'AB. Les lignées retenues seront analysées dans différents environnements, et les meilleures feront l'objet d'une candidature à l'inscription en tant que premières variétés biologiques hongroises de blé d'hiver panifiable.

Saatzucht Donau a innové en se basant sur les outils d'identification moléculaire pour réaliser avec succès une sélection de nouvelles variétés biologiques. L'entreprise a conduit plusieurs analyses moléculaires du gène de résistance à la carie, Bt10. En moyenne, seuls 12 % des lignées pré-sélectionnées contenaient le gène de résistance. Cela signifie que la sélection sur caractères agronomiques va à l'encontre du but recherché de résistance à la carie. Grâce à l'utilisation des marqueurs moléculaires, 148 lignées résistantes à la carie ont été retenues et sont actuellement testées en champ. Un premier test de résistance à la carie naine réalisé par l'IFA Tulln, (BOKU) a révélé que certaines lignées sélectionnées contenant le gène Bt10 montraient une bonne résistance à la carie naine.

La variété de blé Amicus de Saatzucht Donau cultivée en Hongrie, en Croatie et en Serbie, a montré une bonne résistance à la carie naine sans pour autant posséder le gène Bt10. Le donneur de la résistance ϕ Amicus Saatzucht Donau est la variété parente Globus, qui est la seule variété résistante à la carie commune selon la Liste Descriptive Nationale Autrichienne en 2013. Un grand nombre de croisements ont été réalisés à partir du cultivar Amicus. Cela devrait à terme aboutir au développement de nouvelle.

Où : Autriche et Hongrie

Quand : de 2009 à l'enregistrement des variétés

Qui : MTA ATK (Hongrie) et Saatzucht Donau (Autriche)

Contact : miko.peter@agrar.mta.hu et franziska.loeschberger@saatzucht-donau.at

#4

Cultures associées



Résumé

Les principales idées de cette innovation sont la conception, le développement et l'évaluation de nouveaux systèmes de culture, basés sur une « agrobiodiversité » élevée (ex. une plus grande diversité au sein et entre les espèces, au niveau des pratiques agronomiques, des habitats), couplés à l'utilisation et au développement de cultivars au patrimoine génétique diversifié. L'ensemble de ces stratégies contribue à l'amélioration de la performance, de la qualité, de la résilience et de la durabilité des systèmes agricoles. L'accroissement de la diversité des espèces à travers l'utilisation de paillis vivants, ainsi que la mise en place de cultures associées fut une réussite pour certaines de nos expérimentations, et reste une stratégie prometteuse pour les systèmes en Agriculture Biologique (AB) ou à faibles intrants.

Contexte

Il est nécessaire de concevoir des stratégies culturales innovantes pour les agriculteurs biologiques ou en systèmes à faibles intrants : l'utilisation des intrants étant considérablement restreinte (ex. interdiction des herbicides), il est nécessaire de développer des alternatives efficaces aux pratiques conventionnelles. L'hypothèse est la suivante : un système agricole « plus diversifié » bien organisé, épaulé par des outils adaptés aux conditions locales pourrait se révéler durable sur le long terme, en termes de qualité et de quantité des productions (stabilité des rendements). Il permettrait également d'accroître la résilience des systèmes face aux stress climatiques extrêmes.

Activités

Les paillis vivants ont été étudiés sur plusieurs sites européens (Italie et Allemagne) afin de bénéficier de conditions environnementales différentes. Le trèfle souterrain (*Trifolium Subterraneum*) a été utilisé comme couvre-sol aux côtés du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Si cette approche s'est révélée peu concluante dans un contexte AB méditerranéen (Italie centrale), elle a au contraire fourni des résultats convainquants en Allemagne, et se présente comme une solution de contrôle d'une infestation modérée d'adventices pour les systèmes à faibles intrants d'Europe Centrale. Dans ce cas précis, il faut particulièrement veiller à l'arrangement spatial des 2 espèces : la distance entre rangs de blés et de trèfles doit empêcher toute compétition entre les deux cultures au début du cycle.

#4

Cultures associées

Dans la région du Tigray (Ethiopie du Nord), l'agriculture pluviale prédomine. Le caractère irrégulier des précipitations se solde par des récoltes déficitaires et une insécurité alimentaire chronique. L'association de céréales telles que le blé et l'orge (traditionnellement appelés « hanfets ») apparaît comme une stratégie capitale. Dans cette région, les mélanges de différentes variétés d'orges et de blés ont été comparés à une culture en pur. Dans cette région, les résultats montrent toujours une meilleure performance des cultures associées par rapport aux monocultures, en termes de rendement et de maîtrise des adventices. Le rendement maximum a été atteint lors du dosage à proportions égales (50 :50) d'orge et de blé.

Description de l'innovation

Dans un environnement continental et pour les systèmes à faibles intrants, **l'association du blé et du trèfle peut être une stratégie efficace** de maîtrise des adventices. Dans ce cas, la densité de semis des 2 espèces doit être évaluée minutieusement. La même méthode dans des conditions méditerranéennes se révèle plus problématique car elle risque d'affecter le rendement des productions de blé. Des recherches supplémentaires sur les densités d'ensemencement adéquates et les techniques de semis de ces espèces seraient souhaitables.

La culture des Hanfets (un mélange d'orge et de blé) s'est révélée être une stratégie culturale efficace qui a conduit à l'augmentation des rendements en Ethiopie. Dans ce cas précis, l'optimisation (ou choix) des composantes variétales appropriées dans le mélange devrait encore accroître les rendements des productions céréalières. L'analyse des données (en cours) indiquera si ce même procédé a permis une diminution des maladies dans les Hanfets. Quant à la stabilité des rendements d'Hanfets, aucune conclusion solide ne peut encore être tirée.

Où : Italie, Allemagne, Ethiopie
Quand : 2011-2014
Qui : SSSUP (Italie), TUM et MU (Allemagne), I CARDIA (Ethiopie)
Contact : g.bocci@sssup.it et a.costanzo@sssup.it



#5

Outils pour la gestion et la sélection participatives des ressources végétales



Résumé

Une méthode pour la sélection et la gestion participatives des ressources végétales (PPBM, pour « Participatory Plant Breeding and Management ») a été développée dans SOLIBAM, en se basant sur des études de cas impliquant chercheurs, agriculteurs et animateurs/facilitateurs issus de groupements d'agriculteurs. Bien que la méthode ait été pensée pour des cas particuliers, nous avons voulu la rendre aussi générale que possible afin qu'elle puisse servir à un grand nombre d'acteurs. C'est pourquoi plusieurs outils ont été créés, et classés en 3 catégories : ❶ définition collaborative des critères et évaluation de leurs effets, ❷ statistiques et schémas expérimentaux pour les essais conduits à la ferme et ❸ élaboration d'une base de données pour la gestion des données, des ressources et des essais.

Contexte

En 2005, nous avons lancé en France un programme de sélection et gestion participatives sur le blé. Il était basé sur la collaboration entre le groupe DEAP (Evolution de la Diversité et Adaptation des Populations) de l'INRA du Moulon et le Réseau Semences Paysannes. Ce projet avait 3 objectifs : ❶ créer des variétés-populations adaptées aux pratiques des agriculteurs, ❷ développer des outils et des méthodes de gestion de la diversité et de sélection variétale à la ferme, et ❸ renforcer l'apprentissage et l'autonomie des agriculteurs en termes de sélection et de gestion de la diversité. Pour d'atteindre ces buts, la méthodologie de sélection et gestion participatives utilisée au cours du projet a suivi 3 principales approches :

❶ la co-construction du programme entre les acteurs, ❷ l'analyse des données et ❸ la gestion des données. Pour arriver à concilier ces approches plurielles, nous avons basé nos travaux sur une recherche transdisciplinaire rassemblant des domaines tels que l'agronomie, la génétique des populations, la sociologie, la bio-informatique et les études statistiques.

Activités

Les différentes approches ont été abordées de la manière suivante :

❶ **Co-construction du projet par les acteurs** : cette co-construction entre chercheurs, agriculteurs et animateurs/facilitateurs des groupements d'agriculteurs est à la base du projet. On peut distinguer 2 parties. La première correspond à la discussion et au choix des étapes du projet, par exemple mettre en place une charte, définir des objectifs, formuler des questions et des hypothèses, développer des schémas expérimentaux et choisir les méthodes d'analyse ; La seconde se réfère à la discussion et au choix des étapes concernant les cycles végétaux, par exemple, le choix des ressources génétiques, la distribution des semences, les semis, les observations, les visites de fermes, la sélection, la récolte et les échanges autour des résultats.

#5

Outils pour
la gestion
et la sélection
participatives
des ressources
végétales



⑩ **Analyse des données.** Partant de ce principe de co-construction, les schémas expérimentaux ont été mis en place dans des fermes afin que les agriculteurs puissent effectuer eux-mêmes la sélection. Chaque agriculteur impliqué dans le projet a donc conduit ses propres expérimentations et choisi les variétés à semer. De cette approche ont émergés des schémas expérimentaux déséquilibrés, avec des degrés de liberté (élément d'analyse statistique) peu nombreux, et environ 95 % des combinaisons variété X environnement manquantes dans le réseau de fermes, ce qui pose problème en termes d'analyse statistique. Pour pouvoir analyser ces données si particulières, nous avons développé 2 modèles Bayésiens hiérarchiques afin de comparer les moyennes des fermes, et d'étudier les interactions entre variétés et environnement. Les deux modèles ont fourni des résultats satisfaisants ; la condition à respecter est qu'un grand nombre de fermes soit analysé et que chaque ferme ait au moins un témoin.

⑪ **Gestion des données.** Afin d'optimiser l'utilisation des données collectées, une base de donnée est actuellement en développement : SHiNeMaS (Seed History and Network Management System). Cette base compile 2 types de données. Le premier concerne le réseau d'agriculteurs et rassemble les informations sur l'historique des lots de semences et des pratiques des agriculteurs (qui possède quoi, combien de sélections massales ont été conduites, etc.). Le second est axé sur les données phénotypiques et moléculaires de l'évolution des populations sur les sites étudiés.

Description de l'innovation

① **Co-construction du projet par les acteurs :** le processus de co-construction n'est pas une méthode « prête à l'emploi », mais plutôt un exemple sur la manière dont la collaboration entre les différents acteurs peut être développée. Les propositions contenues dans la méthode ont été publiées dans le cadre d'une thèse (une traduction en anglais est en cours).

② **Analyse des données.** Des études de simulation sont en cours afin de déterminer dans quelle mesure les déséquilibres du réseau impactent la fiabilité des analyses. Un « Package R » adapté à ces analyses est également en préparation. En choisissant cette approche, nous proposons de nouveaux outils pour accompagner la sélection végétale décentralisée à la ferme, applicables à une large palette d'espèces, à condition que les schémas expérimentaux soient conservés et qu'il y ait un grand nombre de fermes.

③ **Gestion des données :** une première version de la base SHiNeMaS devrait être disponible en 2015. Un Package R* permettant d'effectuer des analyses à l'échelle des fermes ou du réseau est actuellement en développement. La base de données a été testée par des animateurs/facilitateurs issus d'organisations agricoles afin de la perfectionner. De nouveaux modules ont été ajoutés, permettant ainsi d'adapter la base de données aux espèces pérennes (arbres, cultures fourragères...).

Où : France
Quand : 2010-2014
Qui : INRA
Contact : pierre.riviere@moulon.inra.fr



* voir glossaire page 26



Innovation sociale et action collective pour une recherche participative et décentralisée



Résumé

Cette innovation concerne les nouvelles formes d'interactions entre acteurs et pratiques dans la société. Elle contribue à améliorer l'ensemble du processus de décision au travers de nouveaux modes d'implication des citoyens et d'évaluations scientifiques. La création de réseaux sans relations hiérarchiques et où les paysans, les chercheurs, les décideurs et les citoyens occupent une place égale dans la production de connaissances représente un exemple d'innovation sociale. L'élaboration d'activités commerciales stimulant les synergies entre différents acteurs représente elle une innovation organisationnelle. Le concept d'innovation sociale est particulièrement pertinent pour l'agriculture, et surtout pour l'agriculture biologique, du fait de plus grandes attentes du public, comme par exemple, les services éco-systémiques et le développement rural intégré.

Contexte

Le travail en réseau est de plus en plus reconnu comme une approche efficace pour la conservation et l'utilisation, de façon durable, de Ressources Phytogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture (RPAA) (Da Vià, 2012). Dans ce cadre, « les réseaux locaux d'échange de semences sont essentiels à la conservation de l'agrobiodiversité, car ils permettent un accès aux semences, ainsi que le maintien des variétés locales dans les écosystèmes agricoles du monde entier, malgré la tendance vers une uniformisation du matériel variétal circulant au travers des circuits commerciaux formels » (Pautasso et al., 2012). Faire un usage durable des ressources phytogénétiques implique donc un processus de « conservation dynamique » qui laisse en même temps une place à la création de nouvelles variétés dans les champs des paysans. A cet égard, les circuits de semences formels et informels devraient être considérés comme des flux continus de ressources génétiques et de savoirs qui leurs sont associés. La recherche agronomique joue un rôle déterminant dans ces deux systèmes.

La promotion et le soutien des innovations, qui sous-tendent le « réseautage » et les circuits informels de semences, impliquent une restructuration de la recherche agronomique en deux axes complémentaires : la participation et la décentralisation. La recherche agronomique participative rassemble des acteurs différents autour d'une vision partagée de concepts, de méthodes et de moyens destinés à l'élaboration de nouveaux systèmes alimentaires. Elle se base sur une connexion solide entre les savoirs scientifiques multidisciplinaires et le savoir-faire des praticiens. Les activités de recherches sont conduites conjointement, de la conception à la dissémination.

Activités

SOLIBAM soutient la sélection et la gestion participatives des ressources végétales dans le cadre d'une recherche appliquée afin de développer et d'évaluer la diversité pour augmenter la durabilité et la performance des systèmes agroalimentaires ainsi que qualité des produits. La sélection participative vise à enrichir le fonds génétique des cultures afin de permettre son adaptation aux environnements et aux pratiques agricoles variées, et de créer de nouvelles variétés. Au cours de ce processus de recherche

#6

Innovation sociale
et action collective
pour une recherche
participative
et décentralisée

participative, SOLIBAM a aussi impliqué des citoyens qui utilisent et consomment les produits de cette recherche. Des guides d'évaluations de la qualité ont été conçus pour intégrer les contributions des agriculteurs, des consommateurs, des utilisateurs finaux et des chercheurs.

SOLIBAM a aussi développé des activités spécifiques de promotion de la méthode de sélection et gestion participatives en Italie, en France, au Portugal et en Ethiopie, en introduisant, par exemple, des populations de blé (dur & tendre) et d'orge dans les champs des agriculteurs.

En ce qui concerne les cultures potagères, une nouvelle population de tomates a été développée au cours du projet, en sélectionnant comme parents les meilleures variétés locales italiennes, françaises et espagnoles.

Ce programme de sélection et gestion participative débouche sur de nouvelles approches de la sélection, basées sur une organisation sociale nouvelle entre les chercheurs, les techniciens, les agriculteurs et leurs associations. Cette organisation sociale, se basant sur la décentralisation des essais dans les champs des paysans, augmentera la diversité cultivée dans le temps et dans l'espace.

Description de l'innovation

L'intégration des utilisateurs (agriculteurs, transformateurs, consommateurs) dans le processus de recherche s'est révélé être un bon moyen d'accroître l'efficacité de la sélection végétale, tout en augmentant la diversité au niveau des fermes et du système alimentaire dans son ensemble. Cette approche augmente aussi la résilience des systèmes et leur capacité à surmonter les changements climatiques. La recherche participative et décentralisée semble être la meilleure voie à suivre pour améliorer les systèmes agricoles en AB et à faibles intrants, en intégrant savoirs locaux et implicites et expertise scientifique.

Les recommandations finales de SOLIBAM vont suggérer des pistes de promotion de cette nouvelle organisation sociale favorisant l'action collective des acteurs concernés. À l'heure actuelle, ces innovations rencontrent cependant plusieurs verrous, qui doivent être débloqués dans un futur proche. Par exemple, les politiques et législations semencières considèrent encore les agriculteurs comme de passifs destinataires de la recherche et des nouvelles variétés. La Politique Agricole Commune encourage plus l'action individuelle que collective, et l'on note un cruel manque de reconnaissance du rôle majeur que jouent les circuits informels de semences, même en Europe, en termes de création et de protection de la diversité. Cette diversité en évolution peut également être utilisée comme élément de base des programmes de sélection végétale. Les nouvelles approches développées dans le cadre des Partenariats Européens pour l'Innovation (PEI) apparaissent comme des outils méthodologiques précieux et appropriés, qui ont besoin d'être mis en place correctement par les États Membres pour soutenir l'organisation sociale et l'action collective. En conjuguant la recherche et l'innovation, les PEI, sont pensés pour relever ces défis, en se concentrant sur les bénéfices sociaux et en promouvant la mise en réseau au niveau local pour différents acteurs.

Où : France, Italie, Portugal, Royaume-Uni

Quand : 2010-2014

Qui : AIAB (Italie), INRA et ITAB (France), ORC (RU), ESAC (Portugal)

Contact : Riccardo Bocci (r.bocci@aiab.it)

Références : Da Via Elisa. Seed Diversity, Farmers' Rights, and the Politics of Re-peasantization. 1-14 (2012).
Pautasso, M. Challenges in the conservation and sustainable use of genetic resources. in Biol. Lett. 8, 321-323 (2012).



#7

Méthodes de sélection intégratives pour améliorer les qualités sensorielles



Résumé

Le concept de qualité recouvre de nombreuses significations : il peut faire référence à des propriétés hygiéniques, sanitaires, technologiques, nutritionnelles ou encore sensorielles. La satisfaction du consommateur demeure cependant le but ultime. Afin d'affiner les qualités sensorielles et de mieux comprendre les mécanismes qui permettent l'amélioration de la qualité des produits alimentaires, SOLIBAM a suivi deux stratégies.

La première porte sur le maïs. Basée sur une corrélation entre les facteurs instrumentaux, chimiques-physiques, organoleptiques et rhéologiques, cette stratégie vise à identifier les marqueurs de la qualité à chaque étape pour prédire la qualité finale. Une bonne corrélation a été détectée entre les analyses instrumentales et sensorielles pour certains paramètres de la qualité. Des méthodes de mesure plus faciles ont été développées afin d'améliorer la qualité du maïs, notamment lors de programmes de sélection participative.

Centré sur le blé, la seconde stratégie visait à adapter les analyses sensorielles aux contextes socioculturels spécifiques du programme participatif. Une méthode de panification optimisant le goût a été proposée afin de faciliter le criblage de cultivars sur leurs caractères sensoriels. Conjugué à un schéma d'expérimentation approprié, ce protocole fournit une méthodologie intégrative destinée à développer des initiatives de sélection participatives et décentralisées avec un fort intérêt pour l'amélioration des qualités sensorielles.

Contexte

De nos jours, les préférences des consommateurs sont des facteurs commerciaux décisifs. Producteurs et consommateurs deviennent plus exigeants quant à la qualité sensorielle des produits et l'application de pratiques respectueuses de l'environnement. Jusqu'à récemment, les efforts des sélectionneurs se concentraient principalement sur l'amélioration de la production, au détriment des aspects sensoriels.

Pourtant, les variétés traditionnelles de céréales possèdent un grand potentiel d'amélioration de leurs qualités nutritionnelle, organoleptique et technologique. Pour développer l'usage des variétés traditionnelles ainsi que de nouveaux marchés, la mise en place de méthodes de sélection innovantes qui intègrent pleinement les qualités sensorielles est de plus en plus nécessaire. Les préférences des consommateurs, en particulier le goût et les arômes, ainsi que les paramètres qui détermineront le choix des agriculteurs et des transformateurs doivent être explorés simultanément. Cependant, l'absence d'outils de criblage fiables et pratiques pour les caractères qualitatifs les plus demandés par les consommateurs a freiné cet objectif de sélection.

Dans le cas du blé, l'industrialisation massive du secteur du pain a conduit à une uniformisation du marché, des variétés cultivées (lignées pures), aux produits finaux. Ces 10 dernières années, certains pays membres de l'UE ont été témoins de l'émergence d'un nouveau secteur artisanal, celui des paysans-boulangers. Ceux-ci réalisent leur pain à partir de leur propre production de blé. La qualité du pain dépend donc directement de la qualité du blé récolté, qui elle-même dépend des années et des génotypes. Ces paysans-boulangers ont besoin de savoir comment adapter leur sélection variétale et leurs techniques de panification afin de produire du pain de bonne qualité de façon constante.



Méthodes de sélection intégratives pour améliorer les qualités sensorielles

Activités

Afin de déterminer la qualité d'utilisation finale du maïs, 51 variétés traditionnelles portugaises de maïs ont été passées au crible d'analyses organoleptiques, chimico-physiques et rhéologiques approfondies. Cette première étape a conduit à l'identification de sources de qualité nutritionnelle élevée, bénéfiques pour la santé ou dont les composants organoleptiques pourraient influencer le goût et l'arôme, tels que les composés phénoliques ou volatils – un critère qui gagnerait d'ailleurs à être intégré dans les programmes de sélection. En outre, plus de 50 experts ont participé à l'analyse sensorielle des pains issus des 11 variétés de maïs retenues. Cela a permis de consolider nos connaissances sur le traditionnel pain de maïs portugais (le broa), ainsi que sur l'influence des variétés de maïs. Cela a aussi permis de développer des descripteurs sensoriels spécifiques au consommateur (apparence, arôme, texture et flaveur) pour ce type de pain. La corrélation entre les évaluations instrumentales et sensorielles a permis de mieux identifier les caractères qualitatifs les plus recherchés par les consommateurs et de comprendre dans quelle mesure ces derniers influencent leurs préférences.

Afin d'intégrer les critères sensoriels dans le processus de sélection du blé panifiable, deux expériences ont été réalisées. La première visait à évaluer l'impact – relatif – de l'environnement, du patrimoine génétique et des méthodes de panification sur la qualité finale. Trois types variétaux différents (une lignée pure, une population et un mélange de populations) ont été cultivés sur 4 fermes, puis comparés. Fiable et rapide, la méthode du Napping a été utilisée pour réaliser les évaluations sensorielles (8 sessions en 2 ans). Elle s'appuie sur la notation globale de la distance sensorielle entre les produits (similarités / différences) et offre une grande flexibilité, puisque la présence de dégustateurs entraînés n'est pas nécessaire. La deuxième expérience était axée sur la sélection végétale. Afin de repérer et de caractériser les génotypes présentant un intérêt sensoriel, les connaissances et les pratiques des agriculteurs ont été questionnées à la lumière des analyses sensorielles (c'est à dire grâce à un profil sensoriel établi par un panel de dégustateurs entraînés). Les connaissances empiriques de 11 paysans-boulangers ont été retranscrites lors d'entretiens semi-dirigés afin d'identifier les stratégies de sélection liées à la qualité d'utilisation finale. Les descriptions morphologiques et sensorielles du blé de plusieurs paysans-boulangers ont ainsi été utilisées pour valider les méthodes relevées lors des interviews.

Description de l'innovation

L'innovation principale dans l'étude de cas sur le maïs est le développement de méthodes rapides et pratiques pour améliorer les qualités sensorielles des produits (le pain de maïs) dans un contexte de sélection participative. Ces méthodes prometteuses combinent évaluations instrumentales et sensorielles à travers l'intégration d'analyses par le consommateur lors de la définition des nouveaux objectifs/approches pour la sélection sur la qualité. Cette approche intégrative a contribué à l'identification d'éléments bénéfiques parmi les variétés traditionnelles portugaises de maïs. Certaines sont ainsi devenues éligibles au label de qualité « Indication Géographique Protégée ». A terme, une analyse instrumentale améliorée nous aidera à détecter les sources de composés nutritionnels et organoleptiques, ainsi que les caractéristiques de transformation. Par ailleurs, une nouvelle méthode de sélection basée à la fois sur des critères qualitatifs et sensoriels permettra de soutenir la demande en produits d'excellence tels que le pain de maïs paysan (fabriqué à la ferme), et donc les bénéfices économiques.

Concernant la stratégie de sélection du blé, une version « améliorée » du test de Napping, ainsi qu'un guide de panification visant à améliorer son goût ont été développés afin de faciliter le criblage de cultivars sur des critères sensoriels. Ces méthodes, couplées à un protocole expérimental, donnent les clés pour développer des initiatives de sélection végétale participatives et décentralisées avec un fort accent sur l'amélioration des qualités sensorielles. Un livret technique de recommandations destiné aux acteurs, allant du stade de conception de l'expérimentation à celui de l'évaluation sensorielle, en passant par le processus de transformation, va prochainement être publié. La sélection végétale est également une piste prometteuse pour la production de pain aux qualités sensorielles spécifiques (ex. goût). C'est pourquoi les paysans-boulangers gagneraient à mobiliser les processus environnementaux, génétiques et de transformation afin d'améliorer les qualités sensorielles du pain. Des marqueurs phénotypiques de la qualité, tels que la couleur des grains, peuvent aider les agriculteurs à déterminer les génotypes intéressants dans leurs champs. De leur côté, les facteurs environnementaux semblent modifier essentiellement les propriétés texturales.

Où : Portugal, France

Quand : 2011-2014

Qui : I TQB- I NI AV (Portugal), I TAB et I NRA (France)

Contact : Maria Carlota Vaz Patto (cpatto@itqb.unl.pt),
Camille Vindras-Fouillet (Camille.vindras@itab.asso.fr)



Produits innovants aux qualités améliorées



Résumé

Les lignées de blé riches en fibres sont généralement peu appropriées pour la production de pain traditionnel et des autres produits boulangers. En effet, la présence des fibres affecte la capacité de rétention d'eau et par conséquent les autres propriétés techniques de la farine de blé. Cependant, le mélange dans des proportions précises de farines riches en fibres avec des farines normales pourrait être une excellente solution pour la production d'un nouveau type de farine adaptée à la panification, et ainsi d'aliments à haute teneur en fibres. Nos recherches se sont également intéressées aux antioxydants du maïs et du haricot : riche en composés phénoliques, leur farine aussi peut être incorporée aux produits boulangers. Les résultats de l'étude nous ont permis d'identifier des génotypes de céréales et de haricots présentant une teneur élevée en agents bioactifs dans la farine. Ces composés contribuent chacun à améliorer l'alimentation humaine dans son ensemble.

Contexte

Les principales fibres alimentaires du grain de blé sont les polysaccharides des parois cellulaires, l'arabinoxylane (AX) et le β -glucane. Leur forme soluble ou insoluble, les rend plus ou moins bénéfiques pour la santé. Les fibres insolubles augmentent la durée du transit, augmentent la quantité et la fréquence des selles, et se lient aux substances cancérigènes. Les fibres solubles, elles, réduisent le risque d'apparition de coronaropathies et de diabète de type II. Les composantes des fibres, en particulier l'AX, affectent sensiblement les propriétés du blé, c'est-à-dire la panification, la séparation de l'amidon et du gluten, la qualité des fourrages et les processus de fermentation utilisés pour la production d'alcools (boissons et biocarburants). C'est pourquoi la recherche sur les céréales accorde une place particulière à la recherche de ressources génétiques riches en fibres.

Récemment, des chercheurs et des consommateurs se sont intéressés à la présence de composés mineurs dans le blé et le haricot, réputés pour leurs propriétés antioxydantes, et donc leur contribution dans la prévention de certaines maladies telles que le cancer du côlon et les diabètes. Une partie d'entre eux, les phytochimiques (composés phénoliques), est généralement intégrée aux parois cellulaires végétales, ou liée à des structures macromoléculaires (protéines, amidon). Plusieurs facteurs influencent leur quantité dans les graines et la farine, parmi lesquels le génotype de la plante, l'environnement cultural, les conditions de stockage, les processus de transformation et de préparation du produit final. L'étude des antioxydants revêt donc une importance considérable, et s'inscrit parfaitement dans les recherches actuelles visant à encourager des pratiques de consommation et d'alimentation plus saines.

#8

Produits innovants
aux qualités
améliorées

Activités

16 mélanges de variétés et 10 populations issues de croisements dirigés (CCP) produites en Hongrie, en Autriche et au Royaume-Uni ont été étudiés dans le cadre de SOLIBAM. Leurs composition, caractéristiques physiques et propriétés de transformation ont été analysées pendant 3 années consécutives (2011-2013). L'objectif était de détecter de nouvelles ressources génétiques plus riches en fibres pour les systèmes en AB, et d'examiner l'impact de ces éléments sur les qualités des farines.

Suite à nos travaux, nous avons pu identifier une nouvelle population (Elite composite) et un mélange de variétés (Mv-Suba: Elite-Composite, 1:2) dont les teneurs en arabinosylane extractible à l'eau dans la farine sont nettement plus élevées que celles de la moyenne des blés et de la plupart des échantillons étudiés. De plus, cette quantité plus importante d'arabinosylane a eu un effet considérable sur la capacité de rétention d'eau de la farine ($r\ 5\%=0.55^*$).

La composition phénolique et l'activité antioxydante de 32 variétés de haricots communs et de 67 variétés de maïs cultivées dans la région centrale du Portugal a également été analysée lors d'essais spectrophotométriques et chromatographiques. Nous avons pu relever plusieurs familles de composés phénoliques chez les haricots (principalement des acides hydroxycinnamiques et des flavonoïdes) et chez le maïs (acides hydroxycinnamiques). Pour le maïs, la composition phénolique varie de 100.30 ± 4.81 à 206.83 ± 9.55 mg d'équivalent acide gallique par 100 mg de matière sèche. Chez les haricots communs, la teneur totale en composés phénoliques est comprise entre 1 et 7 mg d'équivalent acide gallique/g. Une série de mesures ORAC (Capacité d'Absorption des Radicaux Oxygènes), a témoigné d'une bonne corrélation entre composition phénolique et activité antioxydante chez les haricots communs (0.909 selon le coefficient de Pearson's).

Description de l'innovation

L'innovation consiste ici en la possibilité de mélanger des farines riches en fibres avec des farines commerciales normales pour réaliser des produits boulangers plus goûteux, plus sains, tout en maintenant la qualité de transformation.

Plusieurs ressources de céréales et haricots ont été analysées dans le cadre de SOLIBAM, en vue de déterminer leurs éléments bioactifs (fibres alimentaires, antioxydants) et leur qualité lors de la transformation. Cette série d'analyses a débouché sur l'identification d'une nouvelle population de blé et d'un mélange de variétés de blés dont la farine présente une teneur en fibres (arabinosylane) très élevée. Ces populations se sont révélées être bien adaptées à une culture en AB, mais elles présentent une moins bonne qualité de transformation pour la production de pain et de produits de boulangerie traditionnels. Une utilisation judicieuse de la diversité quantitative et qualitative des antioxydants présents dans les génotypes de haricots communs et de maïs devrait conduire à une amélioration de la qualité des produits boulangers (biscuits, pains, gâteaux) après incorporation de mélanges de farine de haricot et de maïs dans les ingrédients.

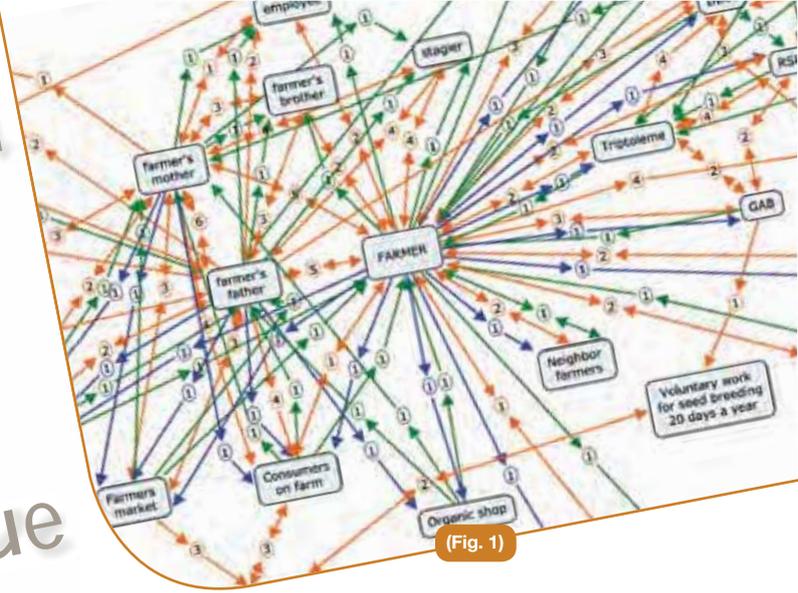
Des études supplémentaires sont cependant nécessaires pour confirmer ces pistes d'innovation. Il faudrait ① évaluer la satisfaction du consommateur, à travers des analyses sensorielles et des études de marché, ② conduire des évaluations qualité pour les nouveaux produits finis, afin de s'assurer de leur haute teneur en fibres et en composés phénoliques, ③ vérifier a posteriori les effets bénéfiques des nouveaux produits boulangers, pour confirmer l'influence locale des composés bioactifs sur le microbiote intestinal et les cellules intestinales humaines.

Où : Hungary, Portugal
Quand : 2011-2013
Qui : CAR-HAS (Hongrie), I TQB (Portugal)
Contact : rakszegi.mariann@agrar.mta.hu



#9

Outils de modélisation pour évaluer et améliorer la durabilité environnementale et socio-économique des fermes



(Fig. 1)

Résumé

Les stratégies de gestion des pratiques agricoles pour réduire les impacts environnementaux pourraient être améliorées par de plus fortes interactions au sein de la communauté locale. En effet, l'utilisation de ressources locales et renouvelables rend la ferme plus autonome, moins dépendante de la fluctuation des cours mondiaux. Afin d'évaluer les marges d'action, plusieurs outils de modélisation innovants ont été développés dans le cadre de SOLIBAM, tels que ❶ des analyses réseau, pour avoir une vue d'ensemble des interactions entre les agriculteurs et les facteurs influençant leurs actions, ❷ des mesures quantitatives d'autonomie, basées à la fois sur l'usage de ressources naturelles, disponibles gratuitement, et de ressources issues de la société, ❸ des schémas intégratifs de systèmes agricoles reposant sur des Analyses du Cycle de Vie (ACV) en collaboration avec scientifiques et agriculteurs.

Contexte

A l'échelon local, les échanges avec l'environnement et la société pourraient créer un espace d'innovation et de développement local fructueux pour toutes les parties. Ces interactions sont autant de portes ouvertes vers une amélioration de la stabilité et de la résilience des systèmes agricoles. On peut atteindre ces deux buts en accroissant la diversité à plusieurs échelons, en utilisant des ressources naturelles locales, ainsi qu'en ayant un système de production multifonctionnel et respectueux de l'environnement.

Dans ce contexte, il devient essentiel de disposer d'outils permettant d'évaluer les formes que prennent ces interactions entre l'agriculteur et l'économie globale, ainsi que le degré d'autonomie atteint grâce à l'emploi de ces ressources locales renouvelables. D'un point de vu organisationnel, il est aussi nécessaire de développer des outils pour évaluer et concevoir des méthodes de gestion adaptées à chaque ferme visant à améliorer l'utilisation de ressources et leur éco-efficience. Le développement de ces outils requiert une forte implication des agriculteurs et des experts.

Activités

Les 3 outils mentionnés recourent à un large éventail de méthodes d'évaluation de la durabilité environnementale et socio-économique, et ont été développés à travers une collaboration multidisciplinaire entre chercheurs et agriculteurs. Ces différents outils ont été appliqués à l'inventaire des données collectées sur un total de 8 fermes sélectionnées (en France, au Royaume-Uni, au Portugal et en Italie), relativement autonomes et à faibles intrants.

Les interactions de l'agriculteur avec les acteurs locaux qu'il considère utiles à son activité et au développement d'innovations ont été schématisées à travers un diagramme du réseau, réalisé conjointement avec l'agriculteur. L'analyse réseau permet de révéler le rôle des différents acteurs qui gravitent autour de l'agriculteur, nous donnant ainsi de précieuses informations sur les interactions entre cet agriculteur et la société. Cet instrument est donc un moyen prometteur d'évaluer la durabilité sociale des systèmes.

D'autres mesures de l'autonomie de la ferme sont basées sur des indicateurs énergétiques, qui prennent en compte l'ensemble de l'énergie disponible utilisée directement ou indirectement pour fabriquer les produits de la ferme. Nous avons mis un accent particulier sur l'origine géographique des intrants et leur caractère renouvelable (la part d'énergie et circulation des matières premières



#9

Outils de modélisation pour évaluer et améliorer la durabilité : environnementale et socio-économique des fermes

directement fournie par le soleil, la marée ou la géothermie). Grâce à cette base d'information, nous pouvons désormais déterminer la place occupée dans la ferme par les circuits d'énergie et de matières premières locales, ainsi que le degré de dépendance aux intrants externes, c'est-à-dire issus de l'économie mondiale.

Enfin, des Analyses de Cycle de Vie (ACV) ont été conduites afin de chiffrer l'éco-efficacité des fermes étudiées. Pour deux paysans-boulangers français, les scientifiques de SOLIBAM ont co-développé avec les paysans des scénarios d'amélioration en utilisant les ACV comme outils d'aide à la décision. Des améliorations potentielles ont ainsi été définies, permettant de diminuer de 50 % certains impacts sans compromettre la diversité du système de production, ni les caractéristiques des produits.

Description de l'innovation

L'étude réseau a permis de souligner l'importance du facteur relations (liens avec l'environnement, la société, l'économie locale et globale) dans la capacité de l'agriculteur à accroître la stabilité de son système de production et la gestion des innovations. On considère généralement que les flux de matière et d'argent sont vecteurs de connaissances et d'innovations. C'est pourquoi les circuits locaux d'échanges de produits peuvent être une source précieuse pour augmenter les effets des « connaissances tacites » et les innovations réalisées par d'autres agriculteurs et chercheurs. L'analyse réseau est donc une méthode innovante d'analyse des communautés agricoles, dont on peut se servir pour amplifier des innovations qui peuvent être étudiées de manière plus approfondie grâce à une analyse microéconomique.

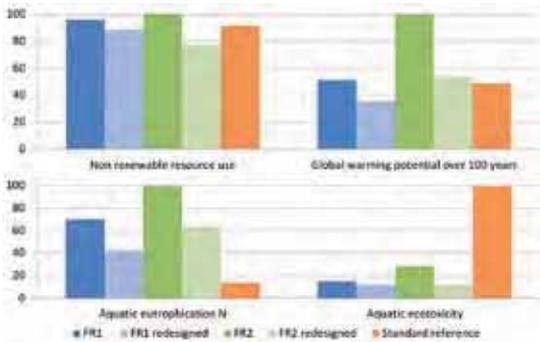
L'évaluation énergétique a permis de représenter les flux de ressources issues de la société locale entre agriculteurs ainsi que l'utilisation des ressources renouvelables naturelles par chaque agriculteur. Ces informations spécifiques ont été obtenues après identification de l'origine des intrants dans le système de production. Dans le cas des fermes françaises, l'étude a révélé que les circuits énergétiques et les échanges de ressources locales représentaient entre 64 et 71 % de leur consommation totale en ressource, et que 20 à 27 % des ressources utilisées étaient d'origine renouvelable. Ces chiffres montrent à la fois une forte interaction avec l'environnement local et un recours massif aux ressources non-renouvelables issues de la société.

Les Analyses de Cycle de Vie des fermes individuelles pointent un certain nombre de disparités en termes d'éco-efficacité entre les pays et même entre les années pour une même ferme. Ces résultats soulignent la nécessité d'une prise de décision au cas par cas. L'application d'un modèle intégratif avec ACV sur les deux cas d'études français a révélé qu'un système agricole diversifié et à faibles intrants peut être relativement éco-efficace, lorsqu'il est basé sur une organisation adaptée, qu'il est possible d'optimiser l'éco-efficacité de ces systèmes sans pour autant affecter leurs caractéristiques propres, telles que la diversité biologique ou la production locale, et que les potentiels d'amélioration considérables suggèrent une méconnaissance des pratiques agricoles éco-efficaces, ce qui peut être un des principaux freins au développement de systèmes agricoles durables.

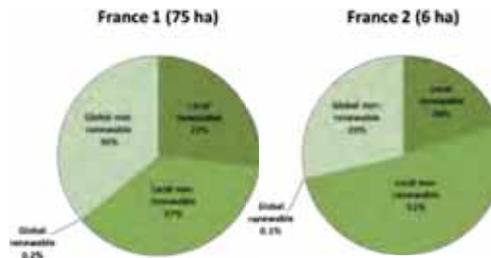
Fig 1: Network diagram for farm FR1. Blue lines show material flows, orange lines show information flows and green lines show money flows.

Fig 2: Distribution of resource use on renewability and origin of inputs.

Fig 3: Relative environmental impacts of bread from the case FR1 (baseline), simulated bread from the case FR1 after the application of management improvements (FR1 redesigned), bread from the case FR2 (baseline), simulated bread from the case FR2 after the application of management improvements (FR2 redesigned) and the standard reference (REF-FR). Functional Unit: 1 kg of bread at the consumer's home.



(Fig. 3)



(Fig. 2)

Où : Suisse, Danmark, France, Italie, Portugal, Royaume-Uni
 Quand : Données de 2008-2012 collectées de 2010 à 2014
 Qui : DTU (Danmark), Agroscope (Suisse), AI AB (Italie), INRA (France),
 ORC (RU), ESAC (Portugal)
 Contact : Hanne Østergård (haqs@kt.dtu.dk);
 Thomas Nemecek (Thomas.Nemecek@agroscope.admin.ch);
 Riccardo Bocci (r.bocci@aiab.it)

#10

Adaptation du système semencier



Résumé

Ces 2 derniers siècles, les sélectionneurs de céréales n'ont créé que des lignées pures issues de sélection généalogique : celles-ci sont simples et pratiques, leur usage étant encadré par une législation internationale. Ces variétés ne possèdent cependant pas l'ensemble des gènes nécessaires pour assurer un rendement élevé dans des environnements de plus en plus instables. Seule l'application d'intrants coûteux permet de maintenir les objectifs de culture. La solution serait donc d'accroître massivement la diversité intra-culturelle en développant des populations au sein desquelles les individus sont génétiquement différents. Or, cette alternative bute sur un obstacle majeur : la commercialisation des semences issues de populations hétérogènes demeure illégale. Dans ce contexte, **SOLIBAM** a contribué à démontrer que les populations peuvent fournir des rendements élevés et stables dans des environnements variés. Cela a d'ailleurs convaincu l'Union Européenne de la nécessité de mettre en place un protocole adapté à la commercialisation des populations.

Contexte

La sélection généalogique a commencé à prendre une place considérable au début du siècle dernier, pour aider les agriculteurs à savoir ce qu'ils cultivaient. Plus récemment, elle a permis aux sélectionneurs de protéger leurs variétés grâce à deux droits de propriété. Entre-temps, la demande mondiale en céréales a littéralement explosé, mais les monocultures ne disposent pas du potentiel génétique d'adaptation aux variations environnementales dues à l'instabilité climatique croissante et à la raréfaction des ressources fossiles. Une solution consiste à augmenter la diversité intravariétale, à travers l'utilisation de mélanges de variétés, ou de populations issues de croisements dirigés (dites CCP), développés à partir d'hybrides F2 (eux-mêmes issus de croisements de variétés). Leur productivité et leur stabilité ont été confirmées par des expériences de comparaison avec les variétés leaders du marché. Cependant, la commercialisation des semences de populations restant illégale, il devenait nécessaire de diffuser l'information relative à la performance des populations, et de préparer les démarches préalables à leur réglementation.

Activités

Après avoir généré plusieurs populations sur différentes espèces cultivées, les partenaires de **SOLIBAM** ont examiné leurs performances par rapport aux lignées standards, pures ou hybrides. Outre leur rendement acceptable, les populations se montrent relativement plus résistantes aux maladies, ravageurs et adventices. En complément des mesures de ces caractéristiques standards, la stabilité dans des environnements différents, entre plusieurs pays ou entre régions a été étudiée.

#10

Adaptation
du système
semencier

Conformément aux attentes, les populations montrent des performances plus stables et prévisibles que les variétés homogènes. D'après les analyses génétiques, cela est principalement dû à des modifications de fréquence des gènes : peu de gènes sont perdus au sein des populations. Les gènes perdus sont en réalité ceux qui semblent diminuer la compétitivité entre les plantes, tels que les gènes de nanisme.

Cependant, il n'a pas été possible de déterminer l'occurrence ou l'ampleur d'adaptations locales, probablement en raison de grandes variations climatiques et météorologiques annuelles. Les expériences ont également souligné le potentiel de la diversité et de ses différentes applications. Par exemple, différentes variétés homogènes possédant des caractères utiles (rendement élevé ou qualité) peuvent être mélangées pour créer des populations. La performance de ces mélanges semble être prévisible et dépendante des proportions entre variétés et populations. Il est également envisageable de sélectionner les lignées d'intérêt d'une population, puis de cultiver un mélange des lignées retenues. Ceci a l'avantage de supprimer les génotypes visiblement plus faibles de la population, tout en améliorant la performance.

Description de la piste d'innovation

Malgré des résultats concluants quant aux différentes manières d'exploiter la diversité génétique dans les systèmes agricoles, ces atouts sont limités par la quantité de ressources génétiques disponibles. Cette diversité génétique totale devrait cependant augmenter grâce aux avancées du programme WHEALBI (FP7). Un caractère potentiellement précieux de cette diversité est la résistance aux maladies transmises par les semences, et en particulier à la carie du blé, grâce aux avantages que procure le fait de ressemer ses semences dans certains lieux en systèmes agrobiologiques.

Malgré un bilan positif, nos progrès ont été freinés par la législation européenne sur le commerce des semences, basée sur les critères de distinction, d'homogénéité et de stabilité (DHS) des lignées issues de sélection généalogique. Ce système nous empêche d'utiliser pleinement les avantages de la diversité dans un contexte où sa nécessité devient une réalité urgente. Les mélanges de variétés issues de lignées pures sont certes autorisées, mais uniquement dans le cas où le mélange contient les nouvelles semences de ces variétés : les semences produites à partir des mélanges ne peuvent être commercialisées. La législation actuelle restreint donc grandement le développement de stratégies de sélection visant à développer des populations, ainsi que les pistes prometteuses évoquées ci-dessus. Cet état de fait crée un obstacle artificiel entre les enjeux alimentaires (problématiques de sécurité et d'approvisionnement à long terme) et les alternatives envisageables. Néanmoins, suite aux recherches conduites et aux rapports produits dans le cadre de SOLIBAM, l'Union Européenne a – heureusement – autorisé des expérimentations temporaires visant à mettre en place un protocole-test. Celui-ci se veut entièrement transparent quant à l'origine et l'historique culturel des populations commercialisées. Il faut soutenir largement ces initiatives, afin de s'assurer que les expérimentations conduites par l'UE impliquent bien des populations cultivées et observées dans des environnements nombreux et variés. Ces recherches doivent être accompagnées de retours exhaustifs afin de pouvoir valider notre argumentaire, et donner l'opportunité aux agriculteurs de faire un usage à la fois pratique et rentable d'une diversité cultivée augmentée.

Où : Royaume-Uni

Quand : 2011-2014

Qui : ORC (RU, Martin Wolfe)

Contact : martin.w@organicresearchcentre.com,
sally.h@organicresearchcentre.com
et robbie.g@organicresearchcentre.com



LES 10 INNOVATIONS CLÉS DE SOLIBAM

Cultivons la diversité

Juin 2014

Editeurs :

Frédéric Rey (ITAB), Riccardo Bocci (AIAB), Véronique Chable (INRA)

Auteurs et relecteurs :

Sally Howlett, Bruce Pearce, Martin Wolfe (ORC), MaríaJosé Suso (CSIC, IAS), Péter Mikó (HAS),
Franziska Löschenberger (Saatzucht Donau), Gionata Bocci (SSSUP), Pierre Rivière (INRA), Riccardo Bocci (AIAB),
Camille Vindras, Frédéric Rey, Paul Girard (ITAB), Carlota Vaz Patto, Elsa Mecha (ITQB), Mariann Rakszegi (HAS),
Hanne Østergård (HAS), Thomas Nemecek (ART)

Credits photo :

Sally Howlett, Martin Wolfe (ORC), MaríaJosé Suso (CSIC, IAS), Péter Mikó (HAS),
Franziska Löschenberger (Saatzucht Donau), Gionata Bocci (SSSUP), Pierre Rivière (INRA),
Riccardo Bocci (AIAB), Frédéric Rey, Aude Coulombel, Camille Vindras (ITAB),
Carlota Vaz Patto, Elsa Mecha (ITQB), Mariann Rakszegi (HAS), Salvatore Ceccarellil

Traduction en français :

Paul Girard, Frédéric Rey, Estelle Serpolay (ITAB), Elise Blanchet (INRA)

Conception :

Galerie du Champ de Mars, floredelataille.grafic@gmail.com

Comment citer ce document :

Rey F., Bocci R., Chable V. (Eds.) 2014. 10 SOLIBAM key innovations – cultivating diversity

Remerciements :

Le projet SOLIBAM est soutenu par la Commission Européenne à travers le Septième Programme-Cadre pour la Recherche et le Développement Technologique – Convention de Subvention n° 245058



LES 10

INNOVATIONS CLÉS DE SOLIBAM

Cultivons la diversité

Resumé : Construit autour de la notion de « diversité », le projet SOLIBAM (2010 et 2014) a été l'occasion d'élaborer, puis de tester, différentes stratégies de sélection, combinées à des pratiques agronomiques innovantes, dans le but d'améliorer la performance, la qualité, la durabilité et la stabilité des systèmes de cultures en Agriculture Biologique (AB) ou à faibles intrants. A 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

A travers son interface conviviale, ce livret présente 10 innovations clés de SOLIBAM, des innovations basées sur la diversité du champ à l'assiette. Pour chacune de ces innovations, les partenaires de SOLIBAM décrivent le contexte, les activités réalisées au cours du projet et les nouvelles idées qui ont été développées (ex. produit, technique, service, processus de production, nouvelle méthode d'organisation).

Le projet SOLIBAM est soutenu par la Commission Européenne à travers le Septième Programme-Cadre de Recherche et de Développement, sous le contrat n°245058



SOLIBAM

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

2010-2014

www.solibam.eu