



HAL
open science

Mieux utiliser la biodiversité pour réussir la transition agro-écologique : une synthèse de l'atelier 'Utiliser la biodiversité'

Michèle Tixier-Boichard, Françoise F. Lescourret

► To cite this version:

Michèle Tixier-Boichard, Françoise F. Lescourret. Mieux utiliser la biodiversité pour réussir la transition agro-écologique : une synthèse de l'atelier 'Utiliser la biodiversité'. Innovations Agronomiques, 2015, 43, pp.41-50. hal-02629690

HAL Id: hal-02629690

<https://hal.inrae.fr/hal-02629690>

Submitted on 27 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Mieux utiliser la biodiversité pour réussir la transition agro-écologique : une synthèse de l'atelier 'Utiliser la biodiversité'.

Tixier-Boichard M.¹, Lescourret F.²

¹UMR Génétique Animale et Biologie Intégrative, F-78352 Jouy-En-Josas et Direction scientifique Environnement

²UR Plantes et Systèmes de Culture Horticoles, F-84914 Avignon Cedex 9

Correspondance : michele.boichard@jouy.inra.fr ; Françoise.Lescourret@avignon.inra.fr

Résumé

La mise en œuvre de principes agroécologiques repose sur une meilleure connaissance des processus biologiques et biogéochimiques et non plus exclusivement chimiques. C'est un changement profond dans l'approche des agro-écosystèmes, associé à un changement d'échelle, de la parcelle au paysage. Comment la valorisation de la biodiversité peut-elle améliorer la résilience des systèmes agricoles ? Comment de nouvelles combinaisons d'espèces ou de variétés permettent-elles de valoriser des ressources limitées ? Cette synthèse s'appuie sur des exemples concrets illustrant comment réintroduire ou gérer autrement la biodiversité cultivée ou associée. La modélisation est au cœur des recherches à entreprendre. Les technologies de l'information ouvrent de nouvelles voies pour le partage d'informations, la mise à disposition d'outils de diagnostic de la biodiversité et pour l'aide à la décision. Mieux utiliser la biodiversité suppose de renforcer la concertation entre acteurs et de faire évoluer les parcours de formation et les métiers du conseil agricole.

Mots-clés : biodiversité, diversité génétique, écologie, système de production

Abstract: A better use of biodiversity to meet the challenges of an agro-ecological transition

Implementing agroecological principles needs a better understanding of biological and biogeochemical processes, beyond the exclusive use of chemical processes. It requires a radical change in the approach of agroecosystems, together with a change in scale, from field to landscape. How to improve resilience of agricultural systems by a better use of biodiversity? How new combinations of species or varieties may cope with limited resources? This synthesis is based upon case studies where biodiversity is reintroduced or where new management practices are proposed for cultivated or associated biodiversity. Research to be undertaken will rely heavily on modelling. Information technologies open new ways to share information, to set up diagnostic tools for a better knowledge of biodiversity as well as for decision-making. A better use of biodiversity also requires a stronger consultation among stakeholders together with a change in training programs and a renovation of professional advice in agriculture.

Keywords: biodiversity, genetic diversity, ecology, production system

Introduction

La biodiversité rassemble l'ensemble de la diversité du vivant, des gènes aux écosystèmes. Jusqu'à maintenant, l'agriculture a principalement utilisé la diversité génétique intra-spécifique dans des conditions contrôlées pour permettre l'expression maximale des génotypes sélectionnés. De ce fait, les écosystèmes cultivés ont été simplifiés et artificialisés, avec des conséquences positives (forte

productivité, standardisation et simplification des pratiques, contrôle des pathologies) mais aussi des impacts négatifs sur l'environnement (pollutions, disparition d'espèces, dégradation de la biodiversité dite associée). Les dégradations subies par les milieux naturels mettent en danger la ressource même sur laquelle l'agriculture repose.

L'agroécologie suppose de repenser l'agriculture en plaçant les interactions biotiques et les régulations biologiques au cœur des processus de production. Une meilleure connaissance des interactions biologiques doit permettre de développer des pratiques innovantes, valorisant les conditions locales. L'enjeu majeur est de replacer la biodiversité au sein des systèmes et territoires agricoles, afin d'accroître la flexibilité et la résilience des systèmes, sans compromettre leur viabilité économique. Réintroduire et entretenir la biodiversité à différentes échelles conduit à augmenter l'hétérogénéité spatiale et temporelle des systèmes de production. Dès lors, maîtriser l'assemblage des génotypes, des ressources naturelles et des pratiques suppose de mieux connaître les régulations biologiques. Les concepts connus en écologie tels que la redondance fonctionnelle, la réduction du potentiel adaptatif des bioagresseurs¹, ou la complémentarité d'utilisation des ressources, sont à mobiliser pour développer des agrosystèmes compatibles avec les processus biologiques.

Les réflexions de l'atelier ont été organisées autour de trois séquences :

- S'appuyer sur des exemples actuels (aujourd'hui), pour montrer comment la biodiversité peut être mieux utilisée,
- Identifier les pistes de recherche, les savoirs et les technologies mobilisés afin d'aller au-delà des expériences pionnières (les possibles),
- Analyser les verrous et les leviers d'action permettant aux agriculteurs de s'engager vers la transition et de la re-conception des systèmes de production (l'avenir).

Ce trio de séquences a été présenté pour trois grands systèmes de production : les grandes cultures, l'élevage et les cultures pérennes. Des questions et propositions très similaires ont émergé pour ces trois grands systèmes. Cette synthèse s'articulera donc sur les trois séquences 'aujourd'hui/les possibles/l'avenir' en intégrant les différentes filières de production dans chaque séquence. Les auteurs et titres des 9 interventions de l'atelier sont cités dans la liste de références ci-après.

1. Aujourd'hui : de nombreuses expériences pionnières et encourageantes

1.1 Les exemples présentés ont montré comment mieux utiliser la biodiversité à ses différents niveaux d'organisation.

1.1.1 Diversité génétique

Plusieurs exemples (blé, arboriculture, élevage) ont illustré l'intérêt d'utiliser la diversité variétale ou raciale, de tester des mélanges de génotypes, que ce soit pour la qualité du produit, pour améliorer la biodiversité de communautés sauvages associées ou pour maîtriser la résistance aux maladies.

Quelques exemples ont concerné les méthodes de sélection, soit pour développer des critères de sélection permettant de diminuer l'impact environnemental des productions, soit pour mettre en place un schéma de sélection adapté aux particularités d'une race locale, souvent associée à un produit sous signe de qualité en circuit court. L'intérêt du circuit court a été souligné pour créer un contact direct avec le client afin de mieux expliquer les particularités du produit ou du système.

¹ Il s'agit de privilégier, par exemple avec des zones dédiées hébergeant des ressources hôtes, des caractères adaptatifs divergents de ceux favorables sur la culture.

1.1.2 Diversité spécifique

Le principe de complémentarité d'utilisation des ressources et de réduction du potentiel adaptatif des pathogènes a été illustré par plusieurs études concernant les associations d'espèces végétales (blé-pois ; graminées-légumineuses dans les mélanges fourragers, mélange prairial et recyclage de la matière organique). Par exemple, la plantation de maïs en bordure des cultures légumières en milieu tropical permet de limiter fortement l'impact des mouches des légumes à La Réunion, comme l'a montré le projet CASDAR GAMOUR (Figure 1).

Objectif :

Régulation de bioagresseurs
(Mouches des légumes, Tephritidae)
par la technique de Push-pull assisté

Savoirs mobilisés :

Ecologie des mouches, écologie chimique



Bactrocera cucurbitae
se nourrissant de gouttes
de Synéis-appât



Plants de maïs en bordure
d'une parcelle de courgette

Pistes issues de la recherche:

- Ingénierie agroécologique : (1) implantation de bordures de maïs autour des parcelles cultivées ; (2) application par taches du Synéis-appât sur les plants de maïs
- Intégration dans un paquet agroécologique dans lequel figurent aussi la prophylaxie (augmentorium), le piégeage sexuel à l'aide de paraphéromones, des pratiques agronomiques (couverts végétaux) et la lutte biologique de conservation.

| Production data | témoïn | Gamour |
|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Surface de culture (m ²) | 1980 | 1180 |
| Nombre de traitements chimiques | 4,20 | 0,08 |
| récolte (t/ha) | 13,1 | 19,3 |
| Pertes (%) | 34 | 13 |

Figure 1 : Un exemple d'ajout de biodiversité cultivée : le 'push-pull' assisté pour gérer les mouches des légumes à La Réunion, projet CASDAR GAMOUR.

Le même principe est à la base des essais de pâturage mixte bovin-caprin aux Antilles.

Une autre approche de la diversité spécifique a été illustrée par le développement d'un outil de quantification de l'offre alimentaire pour les pollinisateurs : la production mensuelle de nectar et de pollen est calculée en fonction des espèces et des surfaces de floraison observées (coopératives du réseau In Vivo).

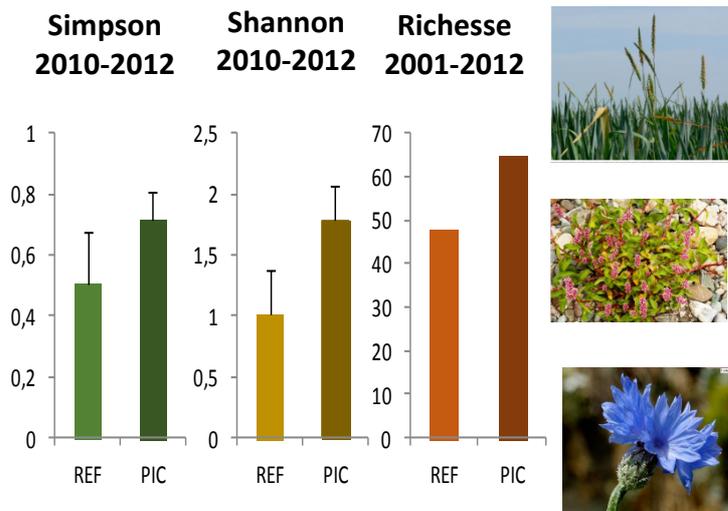
Enfin, la lutte contre les maladies des plantes en cultures pérennes peut bénéficier de l'utilisation de la diversité microbienne. D'efficacité variable, cette stratégie peut se révéler un complément utile à d'autres stratégies.

1.1.3 Biodiversité « associée »

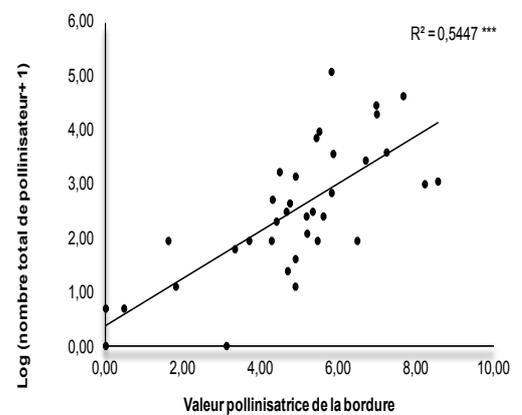
Ceci regroupe la biodiversité semi-naturelle associée aux plantes cultivées ou aux animaux d'élevage, qui joue un rôle crucial dans le fonctionnement des agroécosystèmes. Plusieurs projets de recherche montrent comment utiliser la diversité floristique et faunistique pour développer des indicateurs du bon état agro-écologique pour les bordures de champs ou pour les systèmes d'élevage d'herbivores ou de

polyculture-élevage. Ainsi, le projet CASDAR INDIBIO analyse les effets des pratiques agricoles sur l'abondance et la richesse spécifique de la faune et de la flore dans le cas des systèmes d'élevage, afin d'identifier des indicateurs reliant pratiques agricoles et biodiversité. Un indicateur de valeur pollinisatrice de la flore adventice a été développé par l'INRA de Nancy-Colmar afin de mettre en relation la diversité de la flore adventice avec la fourniture de ressources trophiques pour les insectes pollinisateurs. Il y a une relation entre la valeur pollinisatrice de la communauté végétale et l'abondance des pollinisateurs (Figure 2). L'obtention d'une bonne valeur pollinisatrice peut se faire en maximisant l'abondance de l'espèce végétale ayant la valeur la plus importante mais il est possible qu'une diversité des espèces dans la communauté végétale engendre une diversité plus grande des pollinisateurs (mécanismes de préférence, voire spécificité).

Diversité des espèces adventices



Bénéfice pollinisateurs



Thèse C.Ricou.
Bockstaller et al., 2012

Indicateur de valeur pollinisatrice

Taille, couleur, forme des fleurs, quantité et qualité de nectar/pollen

- vulpin : 1,0
- renouée persicaire : 3,6
- bleuet : 6,9
- ...

Diversité des leviers d'actions

- ⇒ Maîtrise de la flore adventice
- ⇒ Service de pollinisation amélioré
- ⇒ Rendement amélioré ?

Figure 2 : Etude des relations entre la diversité des espèces adventices et l'abondance d'insectes pollinisateurs (Ricou *et al.*, 2014). REF = situation de référence (conventionnelle) ; PIC = protection intégrée des cultures. Indices de diversité. L'indice de Simpson calcule la probabilité que deux individus sélectionnés aléatoirement dans un milieu donné soient de la même espèce. L'indice de Shannon est basé sur l'abondance des différentes espèces relativement à l'abondance totale.

Dans un système laitier de montagne, utiliser la biodiversité des prairies a eu un effet favorable sur la qualité gustative des fromages mais un effet négatif sur les quantités de lait.

Plusieurs exemples ont aussi montré comment développer des pratiques favorisant les interactions biologiques : bandes florales en maraîchage, enherbement en viticulture, agroforesterie.

Enfin, la diversité des espèces auxiliaires peut être utilisée pour promouvoir des systèmes de culture fondés sur l'optimisation du service de biocontrôle fourni par les insectes entomophages (projets CASDAR Entomophage et AuxiMore).

Certes, il peut exister un biais dans l'analyse de ces exemples, dans la mesure où des projets ayant connu des échecs, ou des difficultés à atteindre l'objectif annoncé, n'ont pas été présentés, alors qu'il en existe certainement. Cependant, les nombreux exemples proposés montrent la prise de conscience par les acteurs du développement agricole de l'intérêt à mieux utiliser la biodiversité. De nombreuses pistes d'innovation sont déjà explorées.

1.2 Trois composantes importantes communes aux différentes filières ont été soulignées.

1.2.1 La première est l'importance de la concertation multi-acteurs

D'une part, il est à noter qu'un changement de pratiques impacte tous les niveaux de la filière. Plus que jamais, la co-construction des questions de recherche et des solutions à tester sur le terrain devient nécessaire. Par exemple le Réseau de Recherches Antibiotiques Animal (R2A2) rassemble environ 90 personnes représentant les différentes disciplines de recherche, les acteurs du développement agricole, les vétérinaires praticiens, les services ministériels et l'industrie pharmaceutique. D'autre part, l'innovation peut se situer à différents niveaux de la filière y compris jusqu'aux industries de transformation aval; il faut donc une concertation entre acteurs des différents segments de la filière pour combiner différents types d'actions. Toutefois, le lien avec les consommateurs est peu ressorti des discussions. Or, il est capital de montrer aux consommateurs les efforts réalisés pour mieux préserver et utiliser la biodiversité, afin d'expliquer les caractéristiques des nouveaux produits ou nouveaux systèmes. C'est toute la question de l'affichage environnemental pour les produits agricoles, qui va au-delà de l'enjeu de la biodiversité.

1.2.2 La deuxième composante est la nécessaire évolution de la formation

Le formateur devient un médiateur, un facilitateur, et accompagne les acteurs de terrain dans leurs tentatives innovantes. Par exemple, le programme Agriculture et biodiversité de la LPO² permet de rendre les agriculteurs autonomes dans la gestion de la biodiversité et d'en faire un atout intégré aux pratiques, et non une contrainte. Dans le projet **Ecobordure**, un indicateur de l'état agro-écologique des bordures de champs a été développé à partir d'un relevé de groupes d'espèces végétales qui reflètent l'influence des pratiques agricoles. Conçu par les chercheurs, l'outil a été utilisé comme support pédagogique dans des lycées agricoles. Plusieurs acteurs (ONCFS³, association Hommes et territoire, Chambres d'agriculture de Bretagne) ont rejoint l'INRA et les lycées pour valider, interpréter et adapter l'outil à différentes situations (Figure 3).

1.2.3 La troisième composante est l'implication de l'enseignement agricole technique

Les référentiels de formation favorisent la prise en compte des connaissances et savoir-faire agroécologiques dans les filières (production, aménagement), par exemple à travers les approches pluridisciplinaires et globales de l'exploitation. Les difficultés rencontrées concernent la mise à jour régulière des savoirs et des approches pédagogiques des enseignants, dans un domaine complexe où les connaissances ne sont pas toujours consolidées et/ou accessibles. Par ailleurs, la biodiversité et son intégration dans les pratiques sont l'objet de controverses. Les exploitations agri-horticoles des établissements servent d'observatoires et de laboratoires privilégiés. Beaucoup d'actions sont mises en place (enherbement des vignes, aménagements de haies et bandes fleuries pour auxiliaires, agroforesterie, production biologique, circuits courts pour produits maraîchers ...), en lien avec des

² Ligue pour la Protection des Oiseaux (<http://www.lpo.fr/>)

³ Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

partenaires des territoires. Mais l'évaluation de la biodiversité et des services rendus reste complexe et manque de protocoles et d'outils simples et abordables avec des apprenants. Il est aussi proposé de s'appuyer sur les réseaux thématiques des lycées agricoles qui favorisent la diffusion des ressources, informations et expériences issues de différentes démarches (tels que BiodivEA, Hortipaysage). Ils contribuent aussi à développer les liens indispensables entre recherche, développement et formation autour de questions posées par les acteurs de terrain.

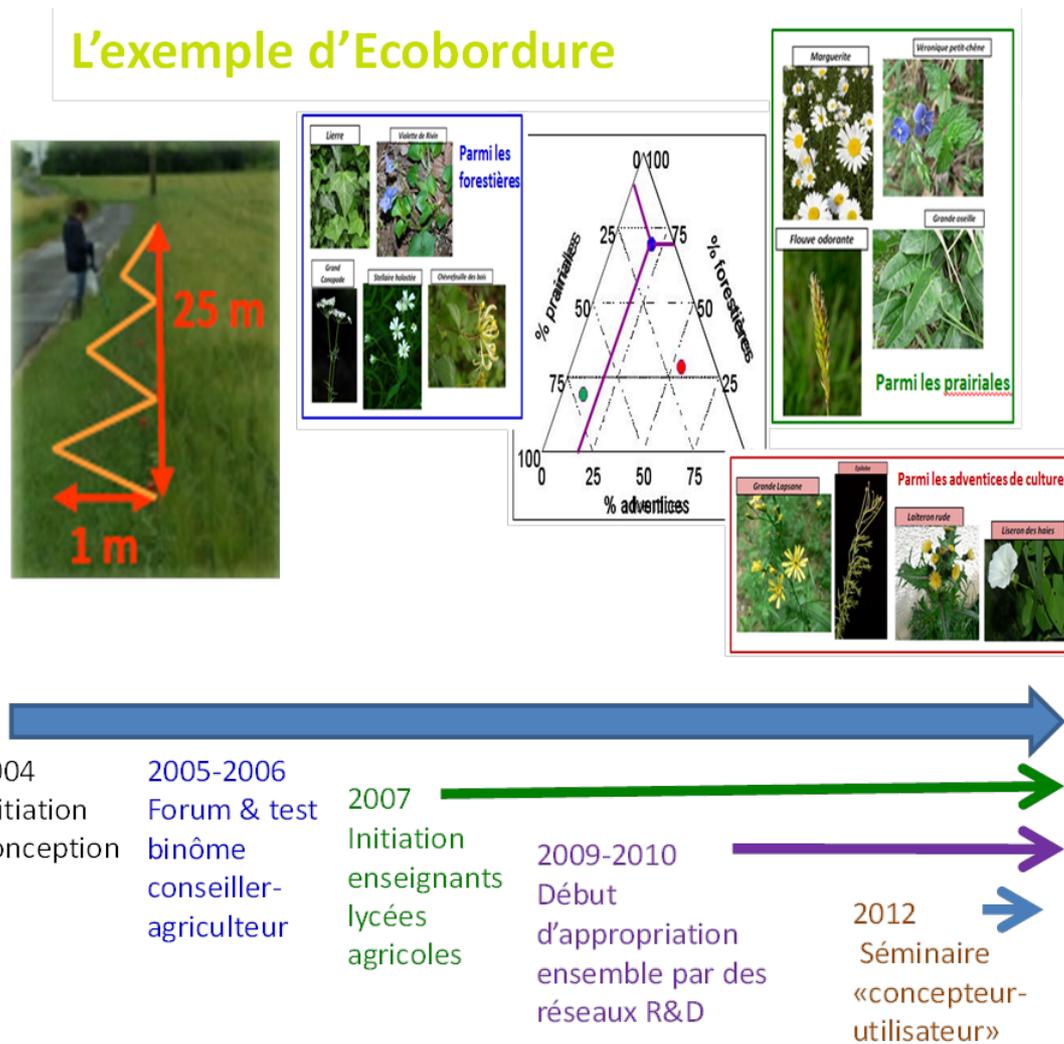


Figure 3 : Déroulement du projet Ecobordure, de la conception d'un indicateur à son intégration dans la formation et à son utilisation sur le terrain. (Deguine *et al.*, 2012).

2. Les possibles : des pistes de recherche mobilisant une large gamme de savoirs et de technologies

Les pistes de recherche peuvent s'articuler autour de trois axes :

Réintroduire de la biodiversité domestiquée (cultivée, élevée)

- analyser les compromis entre fonctions pour réorienter les objectifs de sélection
- proposer de nouveaux critères de sélection
- exploiter la diversité des ressources génétiques encore disponibles, adaptées à des systèmes à bas-intrants
- explorer les interactions entre diversité végétale et diversité animale

Rajouter de la biodiversité semi-naturelle

- aménager des habitats semi-naturels
- utiliser des infrastructures agro-écologiques
- favoriser la biodiversité à l'échelle du paysage

Gérer la biodiversité existante

- mieux caractériser la biodiversité par des technologies innovantes
- adapter les pratiques et les filières pour valoriser les effets bénéfiques de la biodiversité
- utiliser des substances d'origine naturelle
- repenser le lien production-biodiversité en proposant des mesures agro-environnementales à obligations de résultats.

Un cadre conceptuel commun à ces différentes pistes peut être celui des services écosystémiques rendus par les agroécosystèmes aux sociétés humaines : au-delà du service de production déjà identifié, les services de régulation comme la pollinisation ou le contrôle naturel des bioagresseurs, les services de support des processus biologiques comme la qualité des sols, et les services culturels comme la préservation de la biodiversité patrimoniale, sont à considérer.

Les savoirs mobilisés regroupent toute la gamme des disciplines de la recherche agronomique, bien sûr toutes les sciences du vivant, dont font partie l'écologie et l'agronomie, mais aussi la géographie, les sciences sociales, l'économie, les sciences de gestion.

Un enjeu important est de pouvoir intégrer les savoirs empiriques portés par les acteurs locaux pour la recherche de modèles de production en rupture avec les modèles dominants. Il est capital de pouvoir extraire les concepts sous-jacents à ces savoirs empiriques afin d'en tirer des connaissances de portée générique et de s'affranchir des effets d'échantillonnage qui peuvent affecter une observation réalisée à très petite échelle. Les modes de recherche de type participatif sont donc à encourager en veillant à vérifier la qualité des données et la rigueur des analyses.

Devant la diversité des questions, des facteurs de variation, des connaissances à mobiliser, l'ensemble des interventions a fortement plébiscité le développement de la modélisation pour étudier le fonctionnement des peuplements 'biodivers' et les interactions trophiques en leur sein, pour simuler l'évolution des populations à l'échelle du paysage, pour simuler l'impact de différents systèmes de culture ou d'élevage sur les services écosystémiques.

On ne saurait développer des modèles sans générer les données permettant de les tester. C'est pourquoi les infrastructures de recherche de type Observatoire de Recherches en Environnement (ORE) ou Zone Atelier (ZA) ont été plusieurs fois invoquées pour un suivi multi-critères des dynamiques écologiques et pour prendre en compte la variabilité environnementale dans l'évaluation de la résilience des systèmes. Il en est de même pour les infrastructures et les unités expérimentales permettant le phénotypage fin des plantes ou des animaux dans des conditions définies.

Le choix des technologies à mobiliser est à raisonner en fonction des besoins et de l'offre technologique qui est en évolution rapide, notamment dans le domaine des '-omiques' et des technologies de l'information.

La connaissance de la biodiversité évolue de façon rapide grâce à la génomique qui permet d'aborder des questions anciennes avec une approche nouvelle, à grande échelle. Elle autorise en effet un diagnostic précis de l'état de la biodiversité (quels taxa, quels liens phylogénétiques), permet d'explorer l'éventualité de transferts de gènes spontanés entre taxa et de rechercher des signatures moléculaires de l'adaptation au milieu qui renseignent sur les dynamiques évolutives en complément des connaissances en écologie, écophysiologie, pathologie. A l'échelle des écosystèmes microbiens, la métagénomique a ouvert un nouveau front de science, particulièrement utile pour connaître la biodiversité microbienne des sols.

L'essor de la génomique va de pair avec l'organisation de bases de données partagées et le développement de méthodes bio-informatiques permettant d'extraire l'information pertinente d'une grande masse de données de séquences ou d'expression par exemple.

Les technologies de l'imagerie, des capteurs, sont aussi à mettre au service du phénotypage pour documenter les relations entre génotype et phénotype sous l'influence de l'environnement et de la conduite des cultures, afin de contribuer à développer de nouveaux critères de sélection, à la fois plus précis et mieux corrélés à l'objectif défini.

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) mettent à la portée de tous un grand nombre d'informations et d'outils permettant d'interagir et de s'enrichir des expériences des autres. Pour un domaine innovant, où les conditions locales et la diversification des systèmes vont jouer un rôle croissant, il est particulièrement crucial de pouvoir partager ses essais, succès et échecs. L'essor des TIC s'accompagne également d'une vulgarisation de ces outils dans l'ensemble de la population, et les agriculteurs ou éleveurs sont déjà ou seront bientôt tous « dans la toile » comme les autres. Ainsi, plusieurs outils sont déjà disponibles (<http://ephytia.inra.fr/fr/Home/index>) pour faciliter la surveillance de la santé des plantes (Figure 4).



Objectifs

- Caractériser la biodiversité négative (bioagresseurs)
- Suivre son évolution (spatio-temporelle, émergents...)
- Fournir les connaissances et expertises assurant sa régulation
- Produire des outils répondant à ces objectifs - du Web au terrain, et vice-versa.

Savoirs mobilisés

- Connaissance et expertise en santé des plantes (diagnostic, épidémiologie, gestion durable de la protection...)

Le cœur du travail et les pistes

- Développement du logiciel INRA@greco qui permet d'agréger et structurer les connaissances et expertises, et de gérer les différents outils Web et mobiles ;
- Ouverture d'e-phytia, site web INRA en santé végétale ;
- Diffusion d'outils mobiles de diagnostic/conseil (légumes, vigne...)
- Diffusion prochaine de Vigipl@nt, application mobile d'épidémiosurveillance et de biovigilance
- Utilisation plus générique de ces outils dans le cadre de l'étude de la biodiversité.

Figure 4 : Les TIC au service de la connaissance de la biodiversité et de la surveillance de la santé des plantes (D'après D. Blancard, <http://ephytia.inra.fr/fr/Home/index>).

Enfin, la robotique et la mécanique sont à mobiliser pour proposer de nouveaux équipements permettant aux nouvelles pratiques de se développer en restant compatibles avec les contraintes du secteur aval, avant que celui-ci n'évolue aussi. Il en va de la crédibilité des nouveaux systèmes de production comme de la survie économique des agriculteurs de pouvoir produire autrement dans le cadre des filières existantes.

3. L'avenir : comment concevoir des systèmes agricoles plus robustes, verrous et leviers d'action

Le premier message fort est qu'il faut anticiper une diversité d'avenirs possible. La diversité ne se situe pas seulement au niveau des ressources biologiques mais aussi au niveau des organisations. Une solution technique pourra répondre aux besoins ici ou là mais pas ailleurs, il n'y a pas de recette unique. Cette particularité peut mettre en question l'organisation des filières : il leur faudra passer de solutions standard, assez uniformes et prêtes à l'emploi, à des outils de décision 'au cas par cas', ce qui risque d'être perçu comme un danger d'éclatement d'une filière.

Il est donc indispensable d'aider les acteurs à construire une vision systémique des activités agricoles et de leur interdépendance avec les systèmes socio-écologiques et alimentaires. Il faut encourager les initiatives pionnières.

Différentes démarches de conception innovante sont possibles et restent à formaliser, comme, par exemple :

- La conception *de novo* au niveau de la parcelle, avec par exemple des cultures associées testées en expérimentation système ;
- La conception pas à pas au niveau de l'exploitation agricole, avec une démarche d'amélioration progressive plutôt que de rupture. Ce type de démarche est utile notamment pour diminuer progressivement le recours aux pesticides, comme c'est le cas avec le remplacement progressif des herbicides en cultures pérennes par le travail du sol ou l'enherbement.
- La conception collective, en particulier au niveau du paysage.

Le Réseau Mixte Technologique (RMT) 'systèmes de culture innovants' (<http://www.systemesdecultureinnovants.org/moodle/>) est le lieu où se conduit ce travail de formalisation.

Il faut aussi soutenir les dispositifs qui facilitent l'émergence de systèmes innovants, tels que les dispositifs participatifs, les réseaux d'exploitations, les fermes de démonstration...

Il faut enfin développer le domaine de recherche que constitue la 'traque' aux innovations de terrain.

Une recommandation générale est de développer l'évaluation multi-critères de la durabilité des systèmes agricoles. Il s'agit d'examiner en quoi les pratiques adoptées s'appuient sur les principes de l'agro-écologie, de quantifier les services ou dysservices rendus par l'agro-écosystème, de modéliser les antagonismes ou synergies entre ces services et l'efficacité économique des exploitations. La durabilité est généralement associée aux concepts de robustesse et de résilience. La résilience est la capacité d'un système à absorber les perturbations et se réorganiser de façon à maintenir ses fonctions et sa structure; cette propriété est fortement associée à la biodiversité. Utiliser les régulations internes et mettre en place une gestion dynamique des ressources sont deux leviers mobilisant la biodiversité pour améliorer la résilience d'un agro-écosystème.

On doit pouvoir distinguer les systèmes agroécologiques reposant sur la biodiversité, des formes modérées d'écologisation des pratiques, qui ne visent que l'économie des intrants. Une question délicate est de déterminer le niveau de biodiversité qu'on peut réinjecter dans un système qui est piloté et finalisé. Les filières doivent s'impliquer dans la gestion de la biodiversité et même s'engager dans une concertation entre filières pour traiter cette question à l'échelle du territoire.

Les principaux freins au changement ont été bien identifiés. Un premier frein est la perte de repères et l'augmentation des incertitudes produites par le changement. Un levier possible est alors de préférer l'accompagnement d'un processus progressif plutôt qu'un conseil prescriptif avec des schémas-type ; on retrouve ici la nécessaire évolution du conseil agricole et des liens recherche-formation-développement. Un second frein est le poids des standards que s'imposent les filières (cahier des charges prescriptifs). Une solution afférente est d'agir à l'échelle des filières ou des territoires pour mieux coordonner l'effort de re-conception, et d'encourager l'organisation collective à l'échelle du territoire. Un troisième frein est la complexification du métier d'agriculteur. Cette crainte largement partagée mérite d'être vérifiée, le travail sera différent mais ne sera peut-être pas plus complexe. C'est au contraire un nouveau métier d'agriculteur qui peut se dessiner. Un dernier frein identifié, et non des moindres, est le risque de perte de compétitivité économique. Il s'agit alors de développer des politiques publiques pour aider à la transition, de mobiliser les outils de l'économie de l'environnement, et de privilégier les mesures à obligation de résultats.

Conclusion

La mise à l'épreuve de certains principes de l'écologie dans les agrosystèmes a déjà commencé. Il ne s'agit pas de réaliser une simple transposition mais bien de développer des concepts, des techniques et méthodes d'accompagnement au changement. La biodiversité a montré sa capacité d'adaptation aux changements majeurs par le passé, mais elle a été mise en danger par l'artificialisation extrême des systèmes de production. Il n'est pas question de revenir en arrière, mais de re-concevoir les systèmes de production sur la base d'une meilleure connaissance des processus biologiques, de leur dynamique spatiale et temporelle. Mieux utiliser la biodiversité, à toutes ses échelles, conduit à exploiter au mieux la gamme des conditions et ressources offertes, ce qu'on peut résumer par un concept de complémentarité de gamme. Un enjeu majeur est d'apprendre à combiner savoirs locaux, technologies modernes et connaissances scientifiques nouvelles pour trouver des solutions économiquement viables et adaptées à chaque contexte. Le lien recherche-formation-développement est à repenser en ce sens.

Références bibliographiques

Bockstaller C., Lassere-Joulin F., Slezack-Deschaumes, S., Piutti S., Villerd J., Amiaud B., Plantureux S., 2011. Assessing biodiversity in arable farmland by means of indicators: an overview. *Oléagineux Corps gras Lipides* 18, 137-144.

Deguine J.P., Rousse P., Atiama-Nurbel T., 2012. Agroecological crop protection: concepts and a case study from Reunion. In: Larramendy Marcelo L., Soloneski Sonia (eds.). *Integrated pest management and pest control: current and future tactics*. Rijeka : InTech, pp.63-76.

Ricou C., Schneller C., Amiaud B., Plantureux S., Bockstaller C., 2014. A vegetation-based indicator to assess the pollination value of field margin flora. *Ecological Indicators*, sous presse.

<http://gamour.cirad.fr/site/index.php>

www6.inra.fr/micmac-design

www.solibam.eu

<http://www.eap49.educagri.fr/developpement-durable/4-developpement-durable/246-biodivea-ou-biodiversite-dans-les-exploitations-agricoles>

<http://www.reseau-horti-paysages.educagri.fr/wakka.php?wiki=HORTICULTURE>