

G. RICHARD, P. STENGEL,  
G. LEMAIRE, P. CELLIER,  
E. VALCESCHINI, COORD.



Une  
**AGRONOMIE**  
pour le XXI<sup>e</sup> siècle



Guy Richard, Pierre Stengel,  
Gilles Lemaire, Pierre Cellier,  
Egizio Valceschini, coord.

# **UNE AGRONOMIE POUR LE XXI<sup>e</sup> SIÈCLE**

Éditions Quæ

© Éditions Quæ, 2019.  
ISBN : 978-2-7592-2937-6  
e-ISBN (NUM) : 978-2-7592-2938-3  
x-ISBN (ePub) : 978-2-7592-2939-0

Éditions Quæ  
RD 10  
78026 Versailles Cedex, France  
[www.quae.com](http://www.quae.com)

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup>.

# Sommaire

Préface – <i>Philippe Mauguin</i>	7
Introduction – <i>Guy Richard, Pierre Stengel, Gilles Lemaire, Pierre Cellier, Egizio Valceschini</i>	9

## PARTIE I

---

### **Un département Environnement et Agronomie à l'Inra : une stratégie de recherche** 17

#### **Chapitre 1. L'environnement et l'agronomie à l'Inra : essai d'analyse historique d'une mise en convergence** 18

L'impossible greffe de la problématique environnementale dans la matrice productiviste des décennies modernisatrices	19
La discipline agronomique face à la problématique environnementale : de la traduction à la conversion (1973-1989)	23
La rupture de l'agronomie avec la finalité productiviste (1990-1995)	29
Adapter l'organisation de la recherche agronomique au développement durable (1996-1999)	34
Conclusion	39

#### **Chapitre 2. Ambitions, programmation stratégique et productions scientifiques** 41

Analyse des orientations exprimées dans les quatre schémas stratégiques du département	42
Évolution du dispositif scientifique et des compétences	48
Évolution de la production scientifique	50
Conclusion	54

#### **Chapitre 3. Un positionnement international original pour l'agronomie** 55

Une approche française de l'agronomie	56
L'écophysiologie, une contribution française forte et reconnue	57
Le vertueux couplage de l'agronomie et de l'environnement : une ambition internationale	58

#### **Chapitre 4. Environnement et agriculture : un terrain pour l'expertise scientifique** 60

L'expertise scientifique au service du savoir commun et de la décision collective	60
L'engagement du département dans les expertises collectives de l'Inra	62
Les expertises nourrissent la recherche	65
Les recherches ont des impacts	66

## PARTIE II

---

### **Les recherches sur les agroécosystèmes : les nouveaux enjeux du XXI<sup>e</sup> siècle** 69

#### **Chapitre 5. La prise en charge de l'enjeu climatique dans les recherches du département** 70

Émissions de gaz à effet de serre et atténuation	71
Impacts du changement climatique	79
Adaptation au changement climatique	86
Conclusion	88

<b>Chapitre 6. Agriculture et qualité de l'air : recherche et appui aux politiques publiques</b>	90
Une pollution d'origine agricole emblématique : les émissions d'ammoniac	91
La complexité de la pollution atmosphérique vue du côté de l'agriculture	98
Perspectives	105
La dissémination des OGM dans les paysages agricoles	107
<b>Chapitre 7. La biodiversité : menaces et ressources</b>	110
Agronomie et biodiversité : l'émergence des grandes orientations	111
Agronomie et fonctions écologiques de la biodiversité : les mains dans le moteur	114
Des fonctions écologiques aux services écosystémiques : les bases de l'avenir	120
Impacts de l'agriculture sur la biodiversité	123
<b>PARTIE III</b>	
<b>Des instruments pour l'étude des agroécosystèmes</b>	125
<b>Chapitre 8. Les infrastructures d'observation et d'expérimentation : vers une dynamique européenne</b>	126
Des travaux en agronomie historiquement basés sur des expérimentations de longue durée	126
L'émergence de nouvelles infrastructures de recherche	127
Les infrastructures d'observation et d'expérimentation du département	
Environnement et Agronomie	129
L'ouverture et la diffusion des données	130
Conclusion	134
La télédétection, proche ou lointaine, pour le suivi des ressources agricoles et environnementales et l'amélioration variétale	135
<b>Chapitre 9. Modélisation du fonctionnement des agroécosystèmes : l'épopée Stics</b>	138
Genèse et positionnement du modèle, au carrefour des trois anciens départements, dans une visée agroenvironnementale	138
La gouvernance du modèle Stics : un modèle collectif innovant	140
Des usages au service de l'amélioration des systèmes de culture	143
Au service de questions globales, par modularisation et couplage	144
Le changement du climat, un cas d'étude emblématique	145
Les défis d'aujourd'hui : vers un modèle pour l'agroécologie ?	147
<b>Chapitre 10. L'évaluation multicritère des systèmes agricoles : une révolution des méthodes</b>	150
Une conception pragmatique de l'évaluation : les travaux pionniers et critiqués de l'Inra de Colmar	151
Une phase de maturation scientifique et de reconnaissance institutionnelle de l'évaluation multicritère	153
Une phase d'extension des méthodes d'évaluation multicritère	156
Conclusion	161
<b>PARTIE IV</b>	
<b>Connaître et évaluer les ressources et les services des agroécosystèmes</b>	163
<b>Chapitre 11. Un renouveau pour l'étude des sols</b>	164
Du sol à l'écosystème, la fusion des départements Science du sol, Bioclimatologie et Agronomie	164

Des menaces aux services : une vision renouvelée de la place des sols dans les écosystèmes	168
Le <i>leadership</i> mondial en science du sol : de la recherche à la politique	172
Conclusion	175
Microbiologie des sols	177
Les contaminations chimiques de l'environnement : les défis de l'écotoxicologie	180
<b>Chapitre 12. Des recherches pour une gestion intégrée de la ressource en eau dans les territoires agricoles</b>	182
Les orientations stratégiques	183
La gestion quantitative de l'eau	188
La gestion qualitative de l'eau dans les contextes de pollution forte des eaux	190
Conclusion	192
<b>Chapitre 13. Bouclage des cycles : des approches renouvelées et plus englobantes des cycles biogéochimiques</b>	194
La gestion de la fertilisation et l'analyse des cycles à l'échelle de la parcelle	196
Vers des approches plus englobantes des cycles des éléments pour conjuguer agronomie et environnement	202
Gestion durable des flux d'éléments dans les agroécosystèmes	208
Conclusion	211
Un renouvellement indispensable des paradigmes qui ont fondé la fertilisation des cultures en agronomie	213
<b>Chapitre 14. La rhizosphère : des interactions racine-sol-micro-organismes aux leviers de l'agroécologie</b>	215
Concept de rhizosphère et enjeux de connaissance	215
La rhizosphère dans le monde aujourd'hui et demain : vers de nouveaux enjeux	220
La rhizosphère au cœur des défis de la transition agroécologique	223
<b>PARTIE V</b>	
<b>Concevoir des systèmes agricoles pour un futur durable</b>	225
<b>Chapitre 15. La conception des idéotypes</b>	226
Liens génotype-phénotype : un tournant pour l'écophysiologie dans les années 1990	226
Qu'est-ce qu'un idéotype et à quoi sert-il ?	227
Des modèles à base de processus pour la recherche d'idéotypes	228
Apparition de méthodes et de démarches adaptées pour la recherche d'idéotypes	230
Le réseau Qualité des produits récoltés, un acteur des recherches sur les idéotypes	230
Conclusion	231
Pistes pour le futur... vers un changement de paradigme ?	231
Quelles recherches sur la qualité des produits ?	233
<b>Chapitre 16. Protection intégrée des cultures : d'une combinaison de techniques à une valorisation de la biodiversité</b>	235
Mise en perspective de la contribution des agronomes du département à la protection intégrée des cultures	235
1998 : la nouvelle donne	237
1999-2003 : la mobilisation	238
2004-2006 : la consolidation	239
1999-2006 : les résultats de la dynamique scientifique	241
À partir de 2007 : des développements encouragés par les politiques publiques	242

À partir de 2007 : les agronomes du département élargissent leur champ d'activités	244
Aujourd'hui et demain : une protection intégrée des cultures encore plus biodiversifiée	246
<b>Chapitre 17. Vers une gestion territoriale du recyclage des matières organiques résiduelles</b>	247
Un développement et une structuration des recherches à l'Inra pour répondre à des enjeux sociétaux	249
Évaluation des filières du traitement jusqu'à la valorisation au champ	252
Quels impacts environnementaux au champ associés à la présence de contaminants dans les produits résiduels organiques ?	257
Intégration des effets et gestion territoriale	258
Conclusions et perspectives	261
<b>Chapitre 18. La conception de systèmes agroécologiques</b>	264
La maturité du concept de système de culture	265
L'élargissement de l'horizon spatial : de la parcelle au paysage et au territoire	267
Les connaissances mobilisées dans la conception : du règne des modèles à l'irruption des savoirs profanes	268
De la conception basée sur un diagnostic agronomique à la mobilisation des méthodes multicritères	270
De la conception par les agronomes à la conception par les agriculteurs	271
Le développement des expérimentations-système	273
L'élargissement du fossé entre la conception et l'analyse des processus	275
Conclusion	277
Étudier la conversion vers l'agriculture biologique : le cas des systèmes viticoles	278
Caractériser la diversité des formes d'agriculture	281
<b>CONCLUSION</b>	
<b>Environnement et agronomie au <i>xxi</i><sup>e</sup> siècle, et maintenant ?</b>	283
Environnement, changements globaux et changements d'échelles : les défis du climat et de la gestion sobre des ressources	285
Agriculture et biodiversité, changement de paradigme : le temps de l'agroécologie	287
Alimentation et santé, le concept One Health : un monde en transition(s)	290
Et maintenant ?	294
<b>Postface – Philippe Gillet</b>	295
<b>Annexe 1. Unités du département Environnement et Agronomie en 1998 et en 2018</b>	298
<b>Annexe 2. Départements de l'Inra en 2018</b>	300
<b>Liste des sigles</b>	301
<b>Liste des auteurs</b>	303



# Préface

L'environnement est aujourd'hui au cœur des priorités stratégiques de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra). Cet ouvrage nous montre que ceci résulte d'orientations construites progressivement et d'actions conduites sur le long terme auxquelles le département Environnement et Agronomie a largement contribué. À partir des intuitions initiales et des nécessités perçues dès les années 1970, un engagement collectif a permis de traduire en programmes de recherche des questions sur la protection et le respect de l'environnement. L'Inra a ainsi réussi un véritable élargissement de ses finalités et de ses compétences scientifiques.

La production agricole et alimentaire, principalement avec des objectifs de productivité, a constitué le point d'entrée privilégié des recherches menées à l'Inra jusqu'aux années 1980. L'importante réforme que mes prédécesseurs ont menée à partir de la fin des années 1990, qui s'est notamment traduite par l'adoption du tripode « agriculture, alimentation, environnement », a conduit à des inflexions majeures sur les plans scientifique et organisationnel.

La création, en 1998, des départements Environnement et Agronomie (EA) et Santé des plantes et environnement (SPE) a ancré la durabilité environnementale des systèmes agricoles et alimentaires à l'Inra comme une finalité pour de nouvelles orientations de recherche et d'innovation, dont se sont emparés depuis l'ensemble des départements. Cette évolution s'est appuyée sur un changement de paradigme scientifique et sur la grande capacité d'adaptation des équipes de recherche et des structures. Au cours de ces vingt dernières années, l'Inra a démontré ses capacités à redéfinir ses fronts de science, à réorienter ses dispositifs et ses compétences scientifiques et, finalement, à produire des connaissances scientifiques dans un nouveau champ de la recherche finalisée. Cette évolution majeure a été possible grâce à la mobilisation de tout l'institut. La direction générale, les directions scientifiques, les départements et les unités ont porté la programmation afin que la nouvelle orientation stratégique entre dans la réalité de l'institut. Les équipes de recherche ont revisité leurs programmes et fait évoluer leurs compétences pour répondre aux nouveaux enjeux.

Le département EA, ses chefs de département successifs et tous ses personnels scientifiques, techniques et administratifs, ont donné corps à cette nouvelle orientation sans cesser d'améliorer la qualité scientifique des travaux. Par la réunion des trois anciens départements d'Agronomie, de Bioclimatologie et de Science du sol, le département EA a mis en synergie un couple « improbable » : une discipline scientifique, l'agronomie, et un champ d'enjeux, l'environnement. À partir de cette association, il a entrepris de renouveler les thématiques de recherche, d'« écologiser » les approches, d'élargir et d'articuler les échelles spatiales, de coupler les facteurs abiotiques et biotiques du fonctionnement des écosystèmes... Si la production de connaissances scientifiques a bien sûr animé ce renouvellement, la volonté de contribuer à la construction d'une agronomie pour le *xxi*<sup>e</sup> siècle au service des agriculteurs et des citoyens a eu une importance cruciale.

Les années 2000, et notamment les prospectives Agrimonde et Agrimonde-Terra, ont confirmé que nourrir le monde était un impératif qui ne pouvait pas

être atteint sans prendre en compte, d'une part, la question de la raréfaction et du renouvellement des ressources naturelles et, d'autre part, la protection et la préservation de l'environnement. Le département EA est aujourd'hui un des piliers de la stratégie de l'établissement pour répondre à certains des objectifs exposés dans son document d'orientation Inra 2025, notamment la réduction drastique de l'utilisation des pesticides de synthèse et la neutralité carbone de l'agriculture française. Néanmoins, seule une approche pluridisciplinaire permettra de relever le défi de la transition agroécologique de l'agriculture en conjuguant performances économiques et environnementales. Il sera également essentiel d'assurer le transfert des innovations vers les agriculteurs, en partenariat avec les instituts techniques, l'enseignement agricole et les acteurs du développement.

La célébration des 20 ans du département EA nous fournit l'occasion de nous interroger sur les questions clés que devra se poser la recherche agronomique dans les vingt prochaines années. Il s'agira, dans le cadre d'approches systémiques, de concevoir des systèmes alimentaires sains et durables prenant en compte les interconnexions entre agriculture, environnement et alimentation. Ces systèmes alimentaires devront fournir une nourriture saine et de qualité aux dix milliards d'habitants de la planète attendus pour 2050, tout en luttant contre le réchauffement climatique et en préservant les ressources naturelles et la biodiversité. L'Inra, avec ses partenaires scientifiques nationaux, européens et internationaux, se mobilisera pour répondre à ces enjeux. Le département EA aura un rôle important à jouer pour concevoir et mettre en œuvre de nouvelles approches basées sur l'intégration des connaissances, en travaillant en étroite relation avec les autres départements de l'Inra intervenant dans les domaines de la biologie, des productions végétales et animales, de la nutrition, de la modélisation et du numérique, et des sciences économiques et sociales.

Pour finir, je tiens à souligner combien la création du département EA représente une expérience emblématique de la capacité de l'Inra à assumer des décisions stratégiques de grande ampleur pour prendre en compte l'évolution des connaissances et des enjeux sociétaux. Je souhaite rendre hommage aux chercheurs, aux ingénieurs et aux techniciens qui, dans les laboratoires comme dans les unités expérimentales, ont mis en œuvre avec succès les orientations stratégiques du département au cours des vingt dernières années. Je suis convaincu qu'ils sauront, avec le même enthousiasme et avec la compétence qui les caractérisent, relever les nouveaux défis du département Environnement et Agronomie.

*Philippe Mauguin,  
président-directeur général de l'Inra*

# Introduction

*Guy Richard, Pierre Stengel, Gilles Lemaire, Pierre Cellier, Egizio Valceschini*

## **L'agriculture et l'usage des ressources de la nature : nourrir la planète sans la dégrader**

Partout où l'agriculture a été modernisée au cours du xx<sup>e</sup> siècle, elle a connu des hausses de productivité, de la terre et du travail, extrêmement fortes. Elles ont été réalisées, pour l'essentiel, grâce à l'industrialisation de la production agricole, au progrès génétique, à la mécanisation, à l'irrigation et à l'utilisation massive d'engrais et de produits phytosanitaires de synthèse. Les rendements des productions végétales, et notamment la production céréalière, ainsi que les superficies cultivées par exploitant ont été démultipliées, entraînant une augmentation sans précédent dans l'histoire de l'humanité de la production alimentaire européenne et mondiale. Ces évolutions ont été accomplies avec une augmentation limitée des surfaces cultivées et elles ont aussi permis, avec la révolution verte, d'en finir avec les famines massives. Pourtant, le xx<sup>e</sup> siècle se termine sur un constat critique et un diagnostic alarmant, demandant à l'agriculture et à l'agronomie de revoir, la première ses pratiques et ses méthodes, la seconde ses questions scientifiques et ses finalités.

C'est que la modernisation agricole a aussi eu de nombreux impacts négatifs sur l'environnement, contribuant largement à la dégradation des écosystèmes, observée aujourd'hui au niveau mondial depuis plusieurs décennies. L'ensemble des écosystèmes de la planète est touché de près ou de loin par les activités agricoles : exploitation minière des ressources, pâturage intensif, fragmentation des paysages liée aux infrastructures, ou encore émissions de gaz à effet de serre (GES) accélérant le changement climatique. La fragilisation, la dégradation ou même la destruction des écosystèmes implique, à des degrés plus ou moins importants, les activités agricoles, cultures et élevage. Elles se traduisent par la dégradation des sols, la surconsommation d'eau, les pollutions diffuses, les émissions de GES et enfin l'érosion de la biodiversité.

Les nuisances et les dégradations environnementales, observées depuis le tout début des années 1970 et de mieux en mieux connues, ont atteint au tournant des années 2000 un niveau très alarmant, encore accentué, parfois dramatiquement, par le changement climatique, lui-même mieux connu et admis grâce notamment aux travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Pire, tandis que les dégradations s'accroissent, et contrairement à ce qui s'est passé des années 1960 aux années 1980, on observe maintenant, en tout cas en Europe, un plafonnement des rendements de certaines cultures importantes. Ce phénomène et ses causes méritent d'être bien mieux connus et quantifiés, mais il semble indiquer que le mode d'industrialisation de l'agriculture ait atteint ses limites d'efficacité tout en entretenant la dynamique de dégradation des écosystèmes. Si l'agriculture est en partie responsable des problèmes liés à la dégradation des écosystèmes, elle en subit aujourd'hui en retour les conséquences par la dégradation ou la raréfaction de certaines ressources qui lui sont indispensables.

Pourtant, il reste nécessaire d'assurer la sécurité alimentaire mondiale pour faire face à l'augmentation démographique et au changement des régimes alimentaires

(notamment l'augmentation de la consommation de viande dans les pays émergents), en « jouant » sur les niveaux de production, ou en modifiant les parts respectives des usages alimentaires et non alimentaires (bioénergies, fibres, chimie). Il y a dix ans déjà, la prospective Agrimonde, menée par l'Inra et le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), expliquait que l'enjeu à venir résidait dans la poursuite de la production alimentaire et/ou énergétique sur des espaces où devront être préservés les autres services écosystémiques fournis (biodiversité, stockage du carbone, qualité des sols et de l'eau, etc.).

La question ici se pose du rôle qu'entend y tenir l'agriculture française. Mais, quoi qu'il en soit, si l'Inra est historiquement lié à l'agriculture nationale et reste également au service de ses agriculteurs, la recherche agronomique française est depuis maintenant trois décennies au moins engagée dans une économie internationale de la connaissance. Ses finalités sont aussi, et de plus en plus, associées à des enjeux sociétaux, où consommateurs et citoyens sont des acteurs essentiels, et d'envergure planétaire, comme l'a bien montré, par exemple, la contribution de notre institut à la Conférence des parties n° 21 (COP21) en 2015.

### **Changer le paradigme agronomique : de l'optimisation des ressources à la gestion intégrée des écosystèmes**

Progressivement, il a été admis que l'agriculture avait une responsabilité forte vis-à-vis de la gestion durable des écosystèmes. En 2005, l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (*Millennium Ecosystem Assessment*, MEA) a distingué quatre grands types de services rendus par les écosystèmes : des services d'approvisionnement (production de nourriture, de bois), de régulation (pollinisation, séquestration de carbone), culturels (biodiversité patrimoniale, lieux de récréation) et de soutien (cycles de l'azote, du carbone). En tant que gestionnaire d'une grande partie des écosystèmes continentaux, l'agriculture joue un rôle majeur dans la gestion, bonne ou mauvaise, des ressources qui sont interdépendantes au sein des écosystèmes. Une gestion inappropriée des écosystèmes peut fortement altérer leurs fonctionnalités et la fourniture de services écosystémiques, alors qu'à l'inverse certaines formes de gestion peuvent se révéler bénéfiques. Certains services affectent directement les résultats de la production agricole, comme la régulation de ravageurs par des insectes auxiliaires des cultures, d'autres concernent sa durabilité, par exemple la stabilisation de la structure des sols et la limitation de l'érosion des sols qui en résulte.

Cette vision écosystémique de l'agriculture représente un changement considérable dans la manière de considérer les relations entre l'agriculture et l'environnement. En effet, elle implique un changement de paradigme pour passer d'une volonté de minimisation des impacts de l'agriculture à leur prise en compte élargie dans le temps et dans l'espace. Si l'agriculture a toujours un objectif de production, alimentaire et non alimentaire, il s'agit aussi d'aller vers une gestion intégrée des ressources naturelles prenant en compte par anticipation et en pratique un maximum de parties prenantes, agricoles et non agricoles. La mise au point d'outils et de modèles adaptés à la complexité de la gestion des agroécosystèmes en contexte incertain représente un enjeu méthodologique et scientifique essentiel de la recherche agronomique.

Le changement de paradigme de production agricole vers des pratiques plus écologiques tendra à différencier de plus en plus les modes et les types de productions en fonction des particularités écologiques locales. Une importante conséquence de ce changement de paradigme est donc la diversification territoriale, guidée par le contexte rural/urbain, les conditions écologiques, les tissus socio-économiques (les stratégies des acteurs) et une logique sous-jacente de diversification des hiérarchies des services écosystémiques. Sur ce dernier point, l'aspect crucial est la capacité à procéder aux arbitrages (ou *trade-offs*) pertinents entre des services écosystémiques qui peuvent obéir à des objectifs concurrents ou contradictoires selon qu'on se situe à une échelle locale ou à une échelle globale. Cette question des *trade-offs* est extrêmement prégnante car, il faut le souligner, aucune pratique (ou système) n'est gagnante sur tout le spectre des critères d'évaluation des services écosystémiques. Le rôle de la recherche agronomique, en développant l'agronomie « globale », en modélisant et en élaborant différents scénarios, est d'éclairer les choix en quantifiant les termes de ces *trade-offs*, et en instruisant leurs effets.

Mais cette nouvelle orientation, toute nécessaire qu'elle soit, est loin d'être aisée à mettre en œuvre sur le plan scientifique. Elle demande non seulement de connaître bien plus finement les ressources utilisées par l'agriculture, mais surtout de beaucoup mieux considérer les relations complexes qu'elles ont entre elles, et que leur combinaison par l'agriculture peut dégrader au point, parfois, de raréfier, voire de faire disparaître telle ou telle ressource. Ainsi « l'écologisation » de l'agriculture est une voie pour repenser un équilibre entre les ressources. Par exemple, une contribution à l'écologisation consiste à rendre permanente la couverture des sols, et/ou à associer plusieurs cultures aux systèmes racinaires complémentaires. Cela se traduit par une meilleure utilisation des réserves en eau des sols, mais peut avoir pour conséquence de réduire la lame d'eau drainée annuelle, et donc l'alimentation en eau des nappes phréatiques profondes.

La réduction de l'utilisation des intrants (engrais, pesticides, énergie, eau) passe par une internalisation de la production de leurs substituts, *via* les services écosystémiques, au sein de l'agroécosystème. Ce qui nécessite de consacrer une partie de l'énergie lumineuse interceptée à autre chose que la seule production agricole : typiquement, gérer des haies comme des habitats pour des auxiliaires permettant de contrôler naturellement des bioagresseurs, ou insérer des légumineuses dans les rotations pour fournir naturellement de l'azote minéral aux cultures. La conséquence est une diminution globale de la production agricole par unité de surface cultivée : un même volume de production nécessite une superficie plus grande, ce qui impose de ne plus gérer une parcelle indépendamment des autres, mais de les considérer comme un ensemble au sein de l'agroécosystème.

L'agriculture peut aussi contribuer à la lutte contre le changement climatique par un stockage du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) atmosphérique dans les écosystèmes et les sols. Ce stockage peut être accru par une augmentation de la biomasse produite, donc une intensification de la production agricole. Cela demande, à l'inverse, un usage accru d'intrants (éléments minéraux azote, N, et phosphore, P) et d'eau, et nécessite une protection des cultures toujours aussi efficace, soit par voie chimique (pesticides), soit par voie génétique, soit par voie naturelle (biocontrôle, aménagement des paysages).

## Le département Environnement et Agronomie : adapter la recherche agronomique aux défis du xxi<sup>e</sup> siècle

Dès le début des années 1970, la conscience des « nuisances » qui ont accompagné la modernisation agricole des années 1960 et 1970 est présente à l'Inra comme, d'une manière générale, dans les sociétés industrialisées. Pourtant, il faut attendre les années 1990 pour que les enjeux environnementaux contribuent à redessiner effectivement les finalités de l'Inra en les élargissant hors de la seule sphère agricole. Cet élargissement est renforcé quand, au tout début des années 2000, l'agriculture est interrogée par les diverses composantes de la société et par les autorités publiques, à la fois sur sa contribution au changement climatique et sur sa propre adaptation à ce phénomène dont la rapidité et la puissance sont sans précédent. L'Inra s'interroge alors sur son positionnement dans ce champ scientifique, l'environnement, dont les enjeux politiques, sociaux et économiques sont d'ampleur planétaire.

L'idée s'est imposée lentement que l'Inra ne peut pas se contenter de traiter les questions environnementales comme un coproduit de recherches orientées par les objectifs de production agricole, même si elles concernent l'usage des ressources naturelles. Pour l'institut, c'est un changement de paradigme : l'environnement est une finalité en tant que telle qu'il s'agit de considérer en élargissant le spectre et la cible des recherches, d'une part, pour accompagner l'émergence de voies de production plus respectueuses de l'environnement et, d'autre part, pour contribuer à la conception des politiques publiques agricoles et environnementales. Le département EA est alors créé à partir du rassemblement de trois départements jusque-là liés par leurs histoires mais indépendants dans l'organigramme de l'Inra. Leur convergence dans le cadre d'une stratégie unifiée n'était pas assurée d'entrée, elle a même nécessité tout au long de la construction du département, et encore aujourd'hui, une gouvernance résolue mais ouverte pour « garder le cap » sans exclure les capacités d'imagination et d'innovation de la diversité des chercheurs.

Pour que le département EA puisse être créé, il a fallu une volonté forte de la direction de l'Inra d'imprimer une nouvelle orientation à tout un périmètre scientifique. Mais il a aussi fallu que les diverses composantes scientifiques concernées trouvent des points de consensus stratégiques et robustes. Les deux finalités à atteindre — la finalité environnementale (et par là de l'intérêt général) et celle de production, le caractère englobant (par rapport à ceux des trois départements antérieurs) des enjeux et objets scientifiques correspondant à cette finalité, la gestion des espaces cultivés comme débouché privilégié d'application technique des recherches —, ont été et sont encore les points d'ancrage communs à tous les chercheurs du département EA.

*De facto*, la création de ce département correspondait à une entreprise de construction d'un collectif scientifique capable de dépasser la seule recherche d'ajustements techniques et d'optimisation des ressources au service soit du rendement (comme dans le cas de l'agronomie de la révolution verte), soit de la réduction des nuisances. Ce collectif agronomique doit porter une agronomie des systèmes, de l'intégration et de la complexité, des données massives, de la pluralité des échelles de temps et d'espace. Il s'agit d'une agronomie adaptative et anticipatrice, agronomie des *trade-offs* (arbitrages et compromis) entre objectifs au sein des territoires. Le département EA s'est progressivement engagé dans des recherches

sur les grands cycles biogéochimiques au service de la gestion des quatre principales ressources de notre environnement que sont l'eau, l'air, le sol et les espèces naturelles dans leur diversité, que les activités agricoles contribuent directement à modifier. Il ambitionne aussi de participer à une meilleure connaissance du changement climatique, son impact sur les systèmes agricoles, leur capacité d'adaptation et leur contribution à son atténuation. De nouveaux « fronts de science » et de nouveaux objets scientifiques, comme la conception de systèmes de culture agroécologiques permettant de réduire l'usage d'intrants de synthèse (fertilisants, pesticides), sont ainsi définis. Il faut aussi développer des systèmes d'observation pluri-échelles, une modélisation des écosystèmes ou encore des méthodes d'évaluation multicritères des systèmes de culture, nécessaires à la production d'une recherche de haut niveau scientifique et à forte capacité d'expertise.

Les orientations données à sa création autant que les investissements réalisés pour lui donner les moyens de produire de la connaissance et de l'expertise sont fondés sur un pari : l'Inra, s'il veut prendre une place significative dans le monde scientifique qui prétend apporter une contribution à la résolution des problèmes environnementaux, doit redéfinir en profondeur une problématique agronomique jusqu'alors orientée essentiellement par la production agricole. La création du département EA et celle, concomitante, du département SPE, est la marque de cette réorientation pour investir le champ de l'environnement. Sont regroupées au sein de ce département dans un même périmètre scientifique et organisationnel les compétences en agronomie (dans le seul domaine végétal) de l'ancien département d'Agronomie, et les compétences en science du sol et bioclimatologie des deux autres anciens départements de Bioclimatologie et de Science du sol, deux départements déjà très mobilisés par les problématiques environnementales. Cette construction est assez spécifique à la France : dans d'autres pays (comme au Royaume-Uni), l'étude de l'environnement n'est pas associée à celle de l'agriculture, et de plus l'étude des pratiques agricoles est plutôt associée à celle du fonctionnement des plantes et de leur amélioration génétique.

Ainsi donc, construit par l'appariement de domaines disciplinaires et de ressources scientifiques qui dans d'autres pays sont restés séparés, le département EA relève d'une architecture institutionnelle et d'un projet scientifique originaux. L'intitulé « Agronomie », pour désigner les contours scientifiques et organisationnels d'un département de l'Inra, et son association au terme « d'environnement » constituent à la fois une originalité et un pari par rapport à l'ensemble des organisations de recherche de par le monde qui se sont structurées sur le modèle anglo-saxon. Explicitement focalisée sur la conception, l'évaluation et la mise en œuvre des règles de conduite des agroécosystèmes, l'agronomie n'est plus seulement orientée ou guidée par la « boussole » de l'efficacité de l'action productive, à quelque niveau que ce soit, mais aussi par l'objectif d'un développement soutenable de la production agricole, prenant en compte l'environnement à la fois comme condition et comme produit du fonctionnement de ces systèmes.

En créant ce département à la fin des années 1990 dans le cadre plus général d'une profonde reformulation de ses finalités et en pleine réorganisation scientifique, l'Inra fait ainsi le pari qu'une innovation organisationnelle permettra des avancées scientifiques bien particulières. Le terme « agronomie » renvoie historiquement à une diversité de domaines scientifiques, pour la plupart présents dès l'installation de l'Inra en 1946, mais dont les périmètres sont changeants et, bien

sûr, dont les méthodes de recherche ont évolué. De son côté, le terme « environnement » renvoie à un ensemble d'enjeux de société concernant les ressources de la nature, qui, lorsqu'elle est domestiquée ou cultivée par l'homme, est parfois bien loin de son état originel, souvent même subissant nuisances et perturbations, dégradations et pollutions, voire destructions ou irréversibilités dramatiques. Accoler le terme « agronomie », qui désigne un spectre de méthodes scientifiques, au terme « environnement », qui recouvre des préoccupations et des finalités formulées par diverses composantes de la société, relève donc d'un appariement à première vue étrange. Celui-ci exprime en fait une stratégie et un pari scientifiques, certes risqué mais dont l'Inra escompte un bénéfice significatif, dans un périmètre d'enjeux où on ne l'attend pas.

## Redécouvrir nos trajectoires

Cet ouvrage offre une réflexion collective sur les vingt années d'existence du département EA de l'Inra. Il présente les avancées majeures qu'il a produites et les enjeux du XXI<sup>e</sup> siècle dans lesquels est engagé un département de recherche, département qui est lui-même un élément constitutif de la communauté scientifique construite au cours des vingt dernières années au service de l'agriculture et de l'environnement. Il éclaire la construction du périmètre scientifique où s'est opérée et se poursuit, en ce début de XXI<sup>e</sup> siècle, l'adaptation de la recherche agronomique française, en la replaçant dans la dynamique de l'agriculture et des défis environnementaux. Il retrace la trajectoire d'un département aux racines anciennes dans l'Inra, mais dont la création est relativement récente et d'architecture originale.

L'ouvrage explicite les raisons qui ont amené progressivement, et non sans difficultés, à cette construction originale. Il exprime la dynamique scientifique qui, dans la diversité des approches et des méthodes, a ainsi été déclenchée pour permettre à la recherche agronomique de contribuer à relever des défis environnementaux et sociétaux cruciaux. Il présente un panel de résultats scientifiques et la formation d'une capacité d'expertise qu'a permis l'engagement résolu, et même enthousiaste, d'une communauté scientifique qui s'est mobilisée sur des enjeux stimulants, qui s'est sentie légitimée dans son rôle social, et qui s'est organisée pour les affronter.

L'ouvrage comporte des contributions thématiques portant sur des questions sociétales, scientifiques ou méthodologiques. Nous avons demandé aux auteurs d'exposer les acquis scientifiques des thématiques traitées en adoptant, autant qu'il leur était possible, une posture de recul, afin de donner à leur narration une profondeur historique. Chaque contribution a été rédigée sous la responsabilité d'un ou de plusieurs coordinateurs, qui ont mobilisé les compétences et les productions pertinentes depuis la création du département (articles scientifiques, rapports, projets, schémas stratégiques, etc.). Cet ouvrage propose donc un regard sur la dynamique du département EA sans ignorer combien les disciplines, les compétences et les connaissances scientifiques ont des antécédents importants qui datent de bien avant sa création. Nous avons aussi souhaité que puissent être évoquées les tensions ou les contradictions inhérentes aux transformations des thématiques et des disciplines, et aux innovations dans les dispositifs de recherche.

Ce livre est une œuvre collective. Non seulement de nombreux auteurs y signent un texte, mais aussi bien d'autres contributeurs ont apporté des matériaux ou lu



des versions intermédiaires, pour faire en sorte que, le mieux possible, soit exprimée la richesse et la diversité des acquis, des réalisations et des projets du département EA. Nous leur exprimons toute notre gratitude et nous les remercions tous vivement et chaleureusement. Nous souhaitons que l'ensemble de nos collègues du département y découvrent leur propre histoire collective en même temps que la richesse de la communauté scientifique à laquelle ils se rattachent. Nous espérons aussi que, dans l'Inra, d'autres communautés de disciplines s'intéresseront à des recherches qui peuvent présenter pour elles un caractère exotique, même si elles en partagent les enjeux. Enfin nous offrons à tous lecteurs intéressés par l'environnement et l'agriculture l'opportunité de percevoir comment la recherche s'adapte à des questionnements complexes et puissamment évolutifs pour éclairer le sens d'engagements urgents.





## **PARTIE I**

# **UN DÉPARTEMENT ENVIRONNEMENT ET AGRONOMIE À L'INRA : UNE STRATÉGIE DE RECHERCHE**

## CHAPITRE 1

# L'environnement et l'agronomie à l'Inra : essai d'analyse historique d'une mise en convergence

*Pierre Cornu, Egizio Valceschini*

L'interconnexion des enjeux agricoles et alimentaires avec la question environnementale semble une telle évidence dans le monde qui est le nôtre, qu'il peut paraître extraordinaire qu'un organisme de recherche publique comme l'Inra, en prise directe avec les réalités physiques, économiques et sociales des territoires, ait attendu 1998 pour afficher l'environnement comme défi cognitif et pratique pour ses départements de recherche les plus directement impliqués dans la conception et le pilotage des agrosystèmes — l'agronomie, la bioclimatologie et la science du sol notamment.

Faire l'histoire de la genèse du département Environnement et Agronomie (EA) de l'Inra, ce n'est toutefois pas seulement faire le récit politique d'une trop longue « carence » ou d'un singulier « retard » de la recherche publique, mais bien davantage d'un processus scientifique et cognitif lent, laborieux, non linéaire, fait d'expériences et de tâtonnements, de rencontres, de jeux d'acteurs et d'effets d'opportunités, ayant fini par développer, à la toute fin du xx<sup>e</sup> siècle, une compétence en analyse, gestion et prévision du comportement des systèmes cultivés.

Inscrites dans un établissement peu à peu devenu le vaisseau amiral des sciences du vivant piloté<sup>1</sup>, l'agronomie, la bioclimatologie et la science du sol ont en effet dû définir leur propre traduction de la question environnementale et justifier la pertinence de celle-ci à la fois au regard de leur propre diversité paradigmatique et de leurs rapports de complémentarité, mais aussi en fonction de leur relation

---

1. Cornu P., Valceschini E., Maeght-Bournay O., 2018. *L'histoire de l'Inra. Entre science et politique*, Éditions Quæ, 464 p.