

Chapitre 1

Évolution des domaines, objets, concepts de l'agronomie

THIERRY DORÉ

L'agronomie se définit par ceux qui s'en revendiquent et la font reconnaître. Il n'existe en effet pas davantage de démiurge muni d'un plan de création, que d'ordre ou de comité garantissant une orthodoxie agronomique. Il s'agit ainsi dans ce premier chapitre de donner une idée générale de l'évolution des contours et du contenu de la discipline, et de la manière dont elle a été construite et transformée par ceux qui l'ont présentée, et travaillée, justement, comme une discipline. Cette existence disciplinaire moderne de l'agronomie en France s'est élaborée progressivement. Au milieu du xx^e siècle, la distinction entre l'agronomie au sens large (les sciences agronomiques) et l'agronomie au sens strict n'était pas clarifiée, non plus que l'était, *a fortiori*, celle entre l'agronome diplômé d'une école d'ingénieur et l'agronome spécialiste de la discipline agronomique. Le travail d'identification de cette dernière a dû se réaliser en élaborant et en caractérisant un corpus spécifique, certes partie intégrante des sciences agronomiques, mais correspondant à un sous-ensemble de ces sciences. Ce travail d'identification progressive a été jalonné de succès¹, puisque l'agronomie a progressivement été reconnue sur le plan académique et institutionnel : on recrute des professeurs d'agronomie, et l'Institut national de la recherche agronomique (Inra, devenu INRAE) par exemple possède depuis plusieurs décennies un département de recherche couvrant l'agronomie, et ouvre des concours de chercheurs dans la discipline. Cette distinction entre l'agronomie au sens large et l'agronomie au sens strict n'est cependant jamais complètement acquise. Elle peut en effet être menacée par trois phénomènes. Le premier est un phénomène de dilution, liée à la prédominance quantitative de l'emploi du terme « agronomie » au sens large : quand la distinction est méconnue, c'est toujours dans le sens large que le terme est employé. Le deuxième est un phénomène d'« agricolisation », au sens où l'on considérerait que ce que produit l'agronomie ne relèverait que de la pratique agricole, et non aussi du registre scientifique : l'incantation récurrente du nécessaire « retour à l'agronomie » dans le discours politique pour qualifier un nécessaire changement de pratiques agricoles illustre ce risque. Le troisième enfin est un phénomène de dissolution : l'agronomie serait

1. Partiels toutefois, en particulier dans le monde universitaire : l'agronomie n'apparaît pas par exemple dans les sections du Conseil national des universités, et l'option Agronomie du DUT Génie biologique considère l'ensemble des sciences agronomiques.

digérée par d'autres, et n'aurait plus de raison d'être. C'est ce que d'aucuns considèrent dans les rapports entre l'agronomie et l'agroécologie, en suggérant que cette dernière rend l'agronomie caduque.

L'histoire de l'agronomie en France au cours des soixante-quinze dernières années, c'est, au fond, l'histoire de cette acquisition d'une identité propre, sur la base d'une reconnaissance scientifique et d'une utilité sociale. Le présent chapitre est structuré en trois parties traitant respectivement des contours disciplinaires, des objets d'étude et des concepts utilisés. Il va de soi cependant que l'évolution réelle de l'agronomie résulte du renforcement mutuel de ces trois champs, dont le tableau 1.1 donne quelques repères chronologiques permettant d'identifier les simultanités.

Tableau 1.1. Positionnements chronologiques respectifs d'émergence des domaines, objets et concepts de l'agronomie entre 1945 et 2020.

Période	Domaines principaux émergents	Objets principaux	Concepts émergents
1945-1960	Expérimentations analytiques en laboratoire	Matériau terre Plante entière Phénomènes bioclimatiques Fertilisation	Appropriation de concepts issus des sciences du milieu physique et de la physiologie végétale
1960-1970	Diagnostic au champ	Sol Raisonnement des techniques (fertilisation, travail du sol, irrigation)	Concepts interdisciplinaires permettant une approche intégrée du fonctionnement du champ (par exemple sur le fonctionnement hydrique) Parcelle, exploitation agricole
1970-1990	Analyse systémique du fonctionnement du champ cultivé Analyse des pratiques agricoles Analyse régionale de l'agriculture	Peuplements cultivés Champ cultivé Diversité des exploitations agricoles Raisonnement des pratiques	Peuplement cultivé, élaboration du rendement Itinéraire technique, système de culture et concepts dérivés Concepts écophysologiques partagés avec l'écologie fonctionnelle Modèle d'action
1990-2005	Liens entre pratiques agricoles et impacts environnementaux Insertion des pratiques agricoles dans les filières	Mécanismes fins des relations climat-sol-plante Flux de matière dans l'espace agricole Élaboration de la qualité des produits au champ Organisation des filières	Relations structure-fonction chez les plantes Bassin-versant, unités agrophysionomiques Bassin d'approvisionnement, système local d'approvisionnement
2005-2020	Fonctionnement des agroécosystèmes à différentes échelles Pratiques agricoles et enjeux globaux	Composantes biologiques des agroécosystèmes Systèmes innovants	Appropriation de concepts issus de l'écologie des populations et des communautés

► Une identification en chantier continu

S'il n'y a pas d'accord simple sur ce qu'est l'agronomie au fil du temps, sur quoi se fonder pour saisir l'évolution de ses contours ? Notre parti pris a été de nous appuyer sur une ossature constituée des ouvrages, publiés à différentes époques, dont l'objectif affiché est de faire une présentation générale de l'agronomie. Aujourd'hui, un manuel d'agronomie n'a plus du tout la même structure et le même contenu que ceux du début des années 1950 : extension du champ couvert, apparition de pans entiers de la discipline qui n'étaient même pas envisagés, s'appuyant sur des notions et concepts nouveaux, évolution radicale dans la nature même des connaissances présentées et leurs finalités. Ces ouvrages constituent autant de témoignages de l'état de la discipline à une période donnée. Cette base a été complétée de faits ou publications marquants, retenus parce qu'ils nous semblent bien illustrer telle ou telle inflexion ou enrichissement, ou en être les pivots.

En un demi-siècle, des évolutions très notables

Cinquante ans séparent la cinquième et dernière édition du tome II des *Principes d'agronomie* de Demolon², et la parution de *L'Agronomie aujourd'hui* de Doré et al. en 2006. À un demi-siècle de distance, ces deux ouvrages présentent un rapport tout à fait contrasté de l'agronomie à l'agriculture d'une part, et aux autres disciplines d'autre part. Dans les deux cas, le terme est bien présent dans le titre. Mais la manière de caractériser l'agronomie y est très différente.

Sans en donner de définition, la préface des première et cinquième éditions du tome II des *Principes d'agronomie* donne un éclairage sur ce que Demolon considère être l'agronomie. Il écrit en 1934 : « Le lecteur aura ainsi une vue d'ensemble des principes sur lesquels s'appuie actuellement l'agronomie, science appliquée, distincte dans son objet comme dans ses méthodes », et en 1956 : « Nous avons rappelé sommairement quelques données de base acquises au laboratoire dans le domaine de la physiologie végétale, de la biochimie et de l'écologie. Mais nous nous sommes surtout attachés à développer les enseignements qu'il est possible de tirer des expériences poursuivies au champ dans les conditions mêmes de l'agriculture. » Il existe donc bien pour lui un corpus de connaissances qui s'ajoute à ceux des disciplines qui nourrissent, voire sont des éléments constitutifs de l'agronomie ; et ce qui caractérise ce corpus, c'est qu'il est obtenu dans les conditions de l'agriculture, par opposition aux conditions expérimentales du laboratoire, qui sont le lieu de prédilection de la connaissance scientifique dans les autres disciplines sur lesquelles s'appuie l'agronomie à l'époque. Dans une certaine mesure, pour Demolon, l'agronomie, ce serait une sorte d'addition de science du sol, physiologie végétale, climatologie, écologie « augmentées ». Pris ensemble, les deux tomes des *Principes d'agronomie* contiennent une proportion beaucoup plus importante de résultats expérimentaux de laboratoire que de résultats « agronomiques », donc obtenus au champ (même en incluant dans ces derniers toute une partie relative à la pédogenèse et aux différents types de sols décrits *in situ*). Ces résultats agronomiques sont suivis d'une série de considérations relatives à la valorisation des connaissances de laboratoire pour la conduite des cultures. Toutefois,

2. Cette version prête en 1954, année du décès de l'auteur, n'est parue qu'en 1956 ; la cinquième édition du tome I était quant à elle parue en 1951.

globalement, les connaissances en physiologie végétale, en science du sol, en climatologie, occupent au moins les quatre cinquièmes de l'ouvrage (encadré 1.1); elles sont présentées en amont des connaissances spécifiquement agronomiques, qui leur font systématiquement suite. L'identité de l'agronomie présente dans les *Principes d'agronomie*, c'est ainsi la somme des connaissances issues d'autres disciplines utiles pour la conduite des cultures, des connaissances spécifiquement produites au champ, et des principes de conduite des cultures qu'on peut en déduire.

En 2006, dès l'introduction de l'ouvrage *L'Agronomie aujourd'hui*, une définition de l'agronomie est donnée, ou plutôt deux définitions, celle de Hénin, « Écologie du champ cultivé »³, et celle de Sebillotte en 1977, « Étude, menée simultanément dans le temps et dans l'espace, des relations au sein de l'ensemble constitué par le peuplement végétal et le milieu physique, chimique et biologique et sur lequel l'homme agit pour en obtenir une production ». Ces définitions pointent « les deux centres de gravité » de la discipline : l'analyse et la compréhension de l'agroécosystème, et l'action de l'homme sur cet agroécosystème. Elle insiste sur les rapports d'intersection et d'indépendance avec d'autres disciplines, ainsi que sur la distinction entre agriculture et agronomie. Plus de place donc pour une hésitation quant à l'identité de l'agronomie. Par rapport à l'ouvrage de Demolon, la construction de *L'Agronomie aujourd'hui* rend ensuite compte d'un renversement assez fort de perspective et de relation aux autres disciplines ayant un objet sécant avec l'agronomie (encadré 1.1). La première partie de l'ouvrage traite en effet des notions d'itinéraire technique et de système de culture, spécifiques de l'agronomie, et la dernière partie des notions d'agronomie utiles pour traiter des questions d'environnement et de filières de production végétale. Ces deux parties sont reconnues de nos jours comme typiquement agronomiques, alors que leur contenu, même sous une forme d'ébauche ou de prolégomènes, n'est pas identifiable chez Demolon. Elles encadrent les deux autres parties, l'une relative au peuplement végétal, l'autre au milieu, dont les objets étaient quant à eux bien présents dans les *Principes d'agronomie*. Toutefois c'est, dans *L'Agronomie aujourd'hui*, avec un rapport aux autres disciplines tout à fait différent de celui des *Principes d'agronomie* : le point de départ n'est plus constitué de connaissances fondamentales en physiologie ou en sciences du sol, agrégées progressivement à des niveaux d'organisation de plus en plus élevés, mais des comportements globaux du peuplement végétal et du milieu, finalisés par différentes fonctions, que l'on caractérise, en s'appuyant pour cela sur les connaissances analytiques issues de disciplines-mères, incorporées dans le savoir agronomique.

Le tournant des années 1970

Comment cette transformation radicale quant à la façon dont se présente la discipline dans son identité s'est-elle réalisée sur un demi-siècle ? En se référant de nouveau à des ouvrages, deux jalons supplémentaires peuvent être mobilisés : *Éléments d'écologie et d'agronomie*, par Duthil, paru en 1971 et 1973; et les polycopiés d'enseignement de première année utilisés par Sebillotte à partir de 1977 à l'Institut national agronomique Paris-Grignon (INA P-G) (Sebillotte, 1978a).

3. La citation exacte de 1971 étant en réalité « l'agronomie peut être définie comme une écologie appliquée à l'amélioration de la production végétale et à l'aménagement du territoire ».

Encadré 1.1. Sommaires des ouvrages de Demolon (1956) et Doré *et al.* (2006).

■ *Principes d'agronomie (hors préfaces)*

TOME 1 – DYNAMIQUE DU SOL

Première partie – Formation et évolution des sols

Chapitre premier – Notions générales sur les roches-mères	1
Chapitre II – Pédogenèse et classification génétique des sols	28
Chapitre III – Sols de France et d'Outre-Mer	72

Deuxième partie – Le milieu physique

Chapitre IV – Les colloïdes minéraux des sols	113
Chapitre V – Les colloïdes humiques	148
Chapitre VI – Analyse mécanique du sol	161
Chapitre VII – Structure des sols	185
Chapitre VIII – Rapports de l'eau et du sol	215
Chapitre IX – Le climat et le sol	257

Troisième partie – Le milieu chimique

Chapitre X – Dynamique chimique du complexe absorbant	283
Chapitre XI – Les solutions du sol	322
Chapitre XII – Réaction de sols et autres propriétés électro-ioniques	352
Chapitre XIII – Éléments fournis par le sol à la végétation	384

Quatrième partie – Le milieu biologique

Chapitre XIV – Le mouvement de la population des sols	415
Chapitre XV – Évolution biochimique du carbone dans le sol	433
Chapitre XVI – Évolution biochimique de l'azote et du soufre	455
Chapitre XVII – Fertilité des sols	483

Appendice – Méthodes d'analyse des sols

TOME 2 – CROISSANCE DES VÉGÉTAUX CULTIVÉS

Première partie – Facteurs physiques de croissance

Chapitre premier – Microclimat des cultures	3
---	---

Deuxième partie – Facteurs chimiques de la croissance

Chapitre II – L'atmosphère et la végétation	57
Chapitre III – Le système racinaire	75
Chapitre IV – L'eau	98
Chapitre V – La nutrition minérale	132
Chapitre VI – Azote	190
Chapitre VII – Phosphore et soufre	247
Chapitre VIII – Potassium et sodium	288
Chapitre IX – Calcium, magnésium et autres éléments minéraux	315
Chapitre X – Phénomènes de toxicité en agriculture	340

Encadré 1.1. Sommaires des ouvrages de Demolon (1956) et Doré et al. (2006). (suite)

Troisième partie – Les facteurs biologiques de la croissance des végétaux

Chapitre XI – Rapport de la plante et du milieu biologique 365

Quatrième partie – Croissance et rendement

Chapitre XII – Lois de la croissance végétale 391

Chapitre XIII – La fumure 431

Chapitre XIV – Le rendement 479

Chapitre XV – Qualité des récoltes 532

Chapitre XVI – L'expérimentation en agronomie 532

Appendice – Analyse des végétaux

■ L'Agronomie aujourd'hui (hors préface, introduction et conclusion générales)

Itinéraire technique, système de culture : de la compréhension du fonctionnement du champ cultivé à l'évolution des pratiques agricoles

Introduction 33

Chapitre 1 – La connaissance du fonctionnement du champ cultivé, base de l'évolution des systèmes de culture 43

Chapitre 2 – Systèmes de culture et décisions techniques dans l'exploitation agricole 57

Chapitre 3 – Les outils des agronomes pour l'évaluation et la conception de systèmes de culture 77

Conclusion 97

Analyse et modélisation du fonctionnement du peuplement végétal cultivé pour l'Agronomie

Introduction 101

Chapitre 1 – Le peuplement végétal cultivé 103

Chapitre 2 – La parcelle, lieu d'interactions entre différentes populations 137

Chapitre 3 – Les modèles en écophysiologie pour l'action en agronomie et la création variétale 151

Conclusion 167

Effets des systèmes de culture sur l'évolution des états du milieu cultivé

Introduction 171

Chapitre 1 – La composante chimique 177

Chapitre 2 – La composante biologique 199

Chapitre 3 – La composante physique : système de culture, gestion de l'eau et préservation de la structure du sol 225

Conclusion 245

Approche agronomique des systèmes techniques pertinents dans les questions d'environnement et de qualité des produits

Introduction 251

Chapitre 1 – Systèmes de culture et territoires : cas des questions environnementales 253

Chapitre 2 – Agronomie et qualité dans les filières de production végétale 285

Conclusion 309

Les *Éléments d'écologie et d'agronomie* sont, du point de vue de leur contenu global, en filiation directe avec les *Principes* de Demolon. Le premier tome est consacré à la *Connaissance du milieu*, les deux suivants au thème *Exploitation et amélioration du milieu*. Où se situent respectivement l'écologie et l'agronomie, toutes deux présentes dans le titre, dans cet ensemble ? Duthil précise dès la première page du premier tome ce qu'il entend par écologie : suivant Azzi, qu'il cite, pour lui « l'écologie agricole est l'étude du milieu physique (sol et climat) dans ses rapports avec le développement des plantes cultivées et leur rendement ». Cette définition de l'écologie – bien éloignée des périmètres actuels de cette discipline, même restreinte au domaine agricole – correspond donc au contenu du premier tome, et par conséquent ce qui caractérise l'agronomie présente dans le titre de l'ouvrage, ce sont les deux fascicules suivants, qui portent sur le raisonnement de l'action de l'homme sur le milieu. Si la structure générale des ouvrages de Demolon et de Duthil est similaire, on assiste donc en deux décennies à une double évolution. En premier lieu, la part relative à la gestion du milieu physique de la production s'hypertrophie chez Duthil au détriment de la physiologie végétale et de la science du sol, pour finalement correspondre aux deux tiers du volume final, contre environ dix pour cent chez Demolon. En second lieu, un glissement s'opère, et c'est le raisonnement de l'action en agriculture qui devient la caractéristique de l'agronomie. Là où pour Demolon ce sont les conditions agricoles d'expression des phénomènes qui font l'agronomie, avec l'importance donnée au champ *versus* le laboratoire, pour Duthil l'accent est mis sur la manière de valoriser ces connaissances pour l'action.

Mais cette façon de présenter l'agronomie prête le flanc à la deuxième des critiques évoquées ci-dessus en introduction, celle de l'agricolisation : l'agronomie pourrait finalement n'être qu'une manière de pratiquer l'agriculture, en mobilisant les dernières connaissances scientifiques produites par les différentes sciences agronomiques. Bien que cette vision ait pu perdurer, elle a été rapidement complétée par une vision significativement différente, promue par Sebillotte. Dans son article de 1974 « Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome », ce dernier souhaite poser les bases d'une nouvelle agronomie. Ce faisant, il consacre une part importante de cet article fondateur à démontrer la différence entre agronomie et agriculture. Dans sa préface à *L'Agronomie aujourd'hui*, Sebillotte attribue à Hénin les prémices de cette réflexion : « Son immense mérite aura été de permettre le début d'une prise de conscience : l'agronomie n'est pas une agriculture "savante". Ses apports à l'agronomie, en particulier ses méthodes, furent considérables. » C'est toutefois Sebillotte lui-même qui ira plus loin, avec une volonté de théorisation permanente, et une capacité à imposer cette identification disciplinaire – dont le remplacement de la chaire d'agriculture à l'INA P-G par une chaire d'agronomie en est l'illustration emblématique.

Mais de quoi est donc constituée, dans les années 1970, l'agronomie de Sebillotte ? De manière très illustrative de l'évolution que nous venons d'évoquer, le premier des six documents photocopiés utilisés par Sebillotte pour son enseignement porte le titre *Agronomie et agriculture*. Le professeur décrit les questions que pose l'agriculture, et caractérise l'agronomie comme une des disciplines permettant de contribuer à traiter ces questions, avec la définition mentionnée ci-dessus⁴. Puis il décrit le programme de son enseignement, et distingue de manière fine : l'agronomie, l'application

4. Voir p. 26.

de l'agronomie à l'agriculture à travers l'étude des techniques culturales comme «prolongement de l'agronomie», l'étude des cultures sous leurs différents aspects, qu'il nomme «phytotechnie» et qui met un accent très prononcé sur la valorisation de la variabilité génétique au sein d'une espèce, et enfin l'étude de la liaison entre système de culture et système de production dans l'optique d'une analyse des décisions techniques sur une exploitation agricole. Dans cet ensemble, «l'agronomie proprement dite» (*sic*) traite du fonctionnement du peuplement végétal, de la connaissance du milieu nécessaire pour l'action de l'agriculteur ou de l'aménageur, et de l'étude des systèmes de culture et de la fertilité du milieu.

Prise dans son ensemble, la somme que représentent ces six photocopiés constitue clairement une marque d'autonomisation de la discipline. Mais elle reste en première approche ambivalente. En effet, tant la distinction d'avec l'agriculture que le centrage sur des connaissances spécifiques distinguant l'agronomie des autres sciences agronomiques sont des témoignages forts d'individualisation. En revanche, les subtilités sémantiques fines utilisées pour présenter un programme à l'étudiant entraînent un trouble quant au périmètre de l'agronomie. Est-ce uniquement «l'agronomie proprement dite», ou faut-il y adjoindre ses «prolongements», et ses applications, dont la phytotechnie? L'étude de la conduite de l'exploitation agricole, aspect totalement absent des manuels précédents, fait-elle partie de l'agronomie? En réalité, il faut constater que le vécu ici a rapidement débordé la classification académique. Le charisme de Sebillotte, le rassemblement de tous ces ingrédients dans un même ensemble pédagogique (dispensé par une chaire qualifiée justement de chaire d'agronomie) ont eu pour conséquence que c'est l'ensemble du contenu de l'enseignement qui a été considéré comme l'agronomie. Par rapport à Duthil, l'enrichissement porte à la fois sur l'augmentation du périmètre (temps long à travers la fertilité et les successions culturales, échelle de l'exploitation agricole) et sur le rapport à l'action, avec l'apparition de réflexions sur l'action de l'agriculteur, sur lesquelles nous reviendrons.

Une consolidation nécessaire

À la fin des années 1970, l'agronomie dispose ainsi d'une assise, construite lors des décennies précédentes. Et après la période marquée par ces deux jalons que sont les ouvrages de Duthil et Sebillotte, l'évolution de l'identification de la discipline se fera par une évolution des objets et des concepts, ou plus précisément de leur usage, deux dynamiques qui constitueront le contenu de la suite de ce chapitre. Le cheminement de l'agronomie n'a cependant pas été un long fleuve tranquille, et elle a pu être discutée, voire contestée dans ses fins et dans ses moyens. Dans un premier temps, le foisonnement des problématiques et fronts de science relevant de l'agronomie, l'augmentation des fréquentations d'autres disciplines, pouvaient faire craindre à un éclatement de la discipline (risque avéré dans le domaine de l'écophysiologie végétale, avec le développement d'un corpus propre), ou à une décomposition par manque de cohésion interne. Une des utilités sociales de la parution de *L'Agronomie aujourd'hui* dans les années 2000 fut bien de manifester la cohésion interne à la discipline, et ce faisant une crédibilité externe, en rassemblant l'agronomie, tout en démontrant son caractère dynamique, autour de ses deux centres de gravité originels, la compréhension du fonctionnement de l'agroécosystème et le raisonnement des actions menées sur cet agroécosystème.

Dans un second temps, après le milieu des années 2000, c'est cette fois-ci de l'extérieur qu'est venu le questionnement sur l'existence de l'agronomie, avec notamment l'émergence de l'agroécologie. Et ce de manière paradoxale puisque, comme cela avait déjà été le cas vingt ans plus tôt avec la Relance agronomique⁵, les appels au « retour à l'agronomie » se sont multipliés, au sein de différentes arènes professionnelles, scientifiques et politiques, comme on le verra de manière plus détaillée dans la deuxième partie de cet ouvrage. Cette demande d'agronomie traduit une perception par des observateurs extérieurs qui constatent (ou croient constater) que d'autres disciplines, en particulier la génétique, les biotechnologies, la phytopharmacie ont pris le dessus dans le raisonnement des pratiques agricoles. Et cette sollicitation illustre le souhait de voir raisonner la conduite des cultures sur la base d'une compréhension plus complète du fonctionnement de l'agroécosystème – ce que représente justement l'agronomie. Mais en même temps qu'émergeait cette nouvelle demande de retour de l'agronomie, cette dernière a pu parfois être considérée comme dépassée, devant être remplacée par l'agroécologie. Cette vision méconnaît le caractère protéiforme de l'agroécologie (Wezel *et al.*, 2009 ; Doré et Bellon, 2019), qui est loin de n'être qu'une discipline scientifique dans laquelle se dissoudraient les autres. Elle méconnaît également l'évolution de l'agronomie, illustrée dans les pages qui suivent, qui a modifié au cours des dernières décennies ses objets et les enjeux auxquels elle contribue. Dans sa volonté réformatrice de l'agriculture et des rapports de la science à la société, la nécessaire agroécologie a bel et bien besoin entre autres d'un éventail de disciplines – dont l'agronomie.

En 2020, l'agronomie continue d'exister, surmontant les trois risques de dilution, d'agricolisation et de dissolution, dont son histoire est jalonnée. Son périmètre continue à évoluer, comme vont en témoigner les deux sections suivantes. Ces évolutions permanentes ne sont-elles pas à la fois à l'origine des résurgences de ces risques, mais aussi l'antidote pour s'en prémunir ?

► Une révélation progressive des objets de l'agronomie

Les ouvrages évoqués dans la section précédente sont utiles pour illustrer l'évolution des objets auxquels l'agronomie s'est intéressée. Ils sont cependant assez rares. Et pour permettre une capture des apparitions, et des disparitions – par construction discrètes et difficilement repérables – du champ de l'agronomie, nous les compléterons par la suite avec d'autres écrits ou événements témoins. En cohérence avec les définitions actuelles de l'agronomie, nous considérons que les objets d'étude de la discipline sont soit des compartiments de l'écosystème, soit des actions menées par ceux qui interviennent dans les espaces cultivés. Les évolutions selon ces deux catégories d'objets suivent chacune leur propre dynamique, les deux trajectoires étant parfois très conjointes, parfois plus distantes. Leurs interactions sont dans certains cas fortes, sous forme d'impacts de certaines actions sur certains compartiments de l'écosystème, amenant à l'existence d'un troisième type d'objet caractérisant ces impacts (les processus responsables des phénomènes de pollution de l'environnement, comme la pollution nitrique des masses d'eau, en sont un bon exemple).

5. Dispositif national mis en place après les États généraux du développement agricole (1982) comprenant plusieurs opérations en faveur d'une meilleure prise en compte des savoirs agronomiques dans le développement et la formation agricole (chapitres 7 et 8).

Sur plusieurs décennies, on voit se dessiner nettement les transformations des objets de l'agronomie, nous amenant à distinguer ci-dessous cinq périodes. Bien entendu, ces limites entre périodes ne sont pas strictes, et les évolutions décrites correspondent à des périodes chevauchantes.

Vers une approche plus complète du champ cultivé

Repartons des *Principes d'agronomie* de Demolon comme d'une base : les titres des deux tomes, *Dynamique du sol* et *Croissance des végétaux cultivés*, donnent les deux principaux objets d'étude de l'agronomie à l'époque – où, on l'a vu ci-dessus, la discipline est beaucoup plus développée dans le registre de la compréhension du fonctionnement de l'agroécosystème que dans celui du raisonnement des actions. Le sol est examiné par Demolon « sous toutes ses coutures » : comme milieu physique, comme milieu chimique, et comme milieu biologique. L'approche privilégiée est extrêmement analytique : décomposition des mécanismes, isolement des phénomènes, travail expérimental en conditions contrôlées. Elle reflète le souci, exprimé par l'auteur dans son avant-propos, de rendre compte du caractère scientifique de la science des sols, capable de reposer sur l'établissement de lois générales, et sur son autonomie. Dans les trois dimensions physique, chimique et biologique, sont abordés des phénomènes qui sont encore aujourd'hui essentiels à la compréhension du fonctionnement des sols et à la prévision de leur comportement : dégradation et régénération de la structure, rétention de l'eau, dynamique des anions et des cations dans la solution du sol, caractérisation des communautés microbiennes telluriques, etc. La métrologie est inventive, qu'il s'agisse de mesurer – essentiellement au laboratoire – la porosité, la disponibilité des éléments minéraux ou encore les antagonismes entre populations microbiennes. Si on excepte les chapitres relatifs à la pédogenèse, cette analyse du sol est largement adimensionnelle. Certes, la lixiviation des éléments minéraux dans les eaux de drainage n'est pas complètement omise ; certes, la dynamique des éléments minéraux dans le sol est replacée dans des cycles à l'échelle de la biosphère dans son ensemble ; pour autant, c'est presque toujours le matériau sol plutôt que le sol en place qui est l'objet d'étude. Cette approche se heurte à deux difficultés : la variabilité naturelle des sols, liée à la pédogenèse, et la variabilité agricole, liée à la diversité des pratiques. La première est traitée généralement en faisant des catégories de sols (souvent déterminées par leurs textures) aux propriétés à peu près homogènes. La seconde fait l'objet de l'ébauche de développement agronomique voulu par Demolon, qui souhaite se rapprocher des situations agricoles, mais de manière encore très timide. Cette variabilité est parfois prise comme facteur d'expression des propriétés du sol, par exemple quand les différents traitements expérimentaux des essais de long terme menés dans l'expérimentation de Rothamsted en Angleterre permettent d'exprimer des lois de dynamique des éléments minéraux. Elle peut aussi être prise en compte dans l'expression des résultats de travaux expérimentaux, essentiellement sur la question de la fertilisation des cultures.

La fertilisation est par ailleurs le trait d'union principal entre les deux objets, le sol et la plante. En effet, les rapports du sol à la plante sont très majoritairement vus à travers le couple disponibilité en éléments minéraux-alimentation minérale de la plante, qui constitue à lui seul environ la moitié des deux tomes, et dans une moindre mesure à travers l'alimentation hydrique. Les impacts de la structure du sol sont peu analysés, et ceux de son fonctionnement microbiologique encore moins. Ces rapports sont vus de

manière indépendante, illustrant parfaitement le primat de l'analytique sur le systémique dans l'approche scientifique de Demolon. Ainsi, lorsqu'il évoque la notion de fertilité, il en reconnaît le caractère systémique (« Elle ne saurait être mesurée par les appareils dénommés "fertilmètres", car elle représente une fonction complexe de nombreuses variables dont la plupart ne sont, elles-mêmes, ni simples ni indépendantes »), mais il considère que « les recherches agronomiques ont précisément pour but de procéder à l'étude de chacun de ces facteurs considéré à l'état isolé et dont l'agriculteur n'observe que la résultante ». C'est de cette manière que la nutrition minérale et la fertilisation sont abordées. Comme pour l'effet des composantes climatiques sur la croissance et le développement des plantes, ces phénomènes sont le plus souvent analysés à l'échelle de la plante, plus rarement à l'échelle de la population, même si des recommandations de fumure à l'échelle de la culture sont esquissées. La littérature est alors abondante quant aux formes des éléments minéraux dans le sol, à la manière de les évaluer, à leur rapport à l'absorption et à la croissance des plantes, et Demolon en effectue la synthèse. Mais la fertilisation sur les trois éléments majeurs azote, phosphore et potassium (N, P et K) est raisonnée globalement, avec de longues interrogations quant à « l'équilibre » de la fumure (figure 1.1). Cette notion d'équilibre bute sur les grandes différences de dynamique de ces trois éléments minéraux dans le sol qui, alliées à la variabilité des

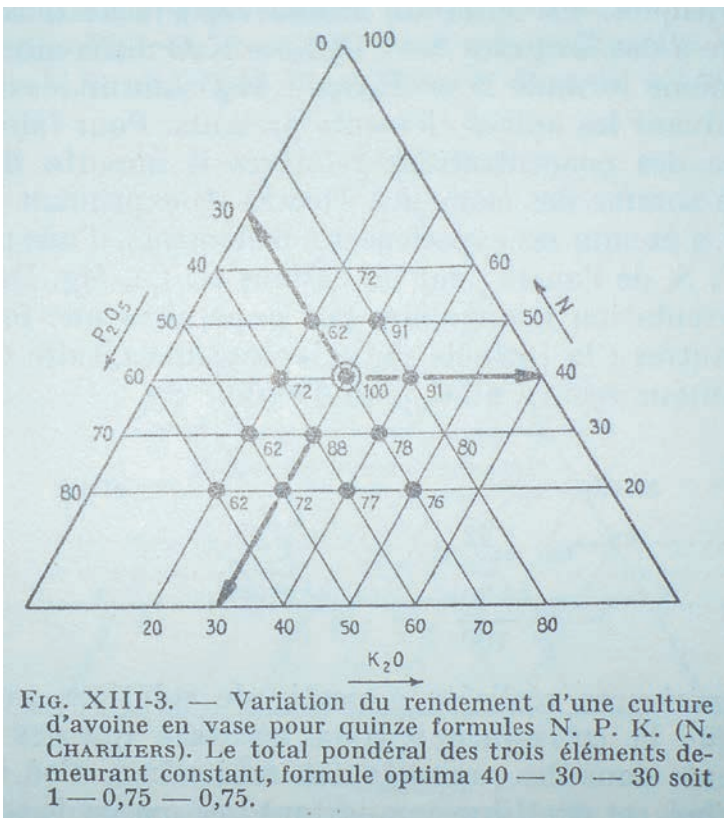


Figure 1.1. Illustration de la recherche d'équilibre dans la fertilisation minérale chez Demolon (extrait des *Principes d'agronomie*, tome II, 5^e édition, p. 427).

situations culturelles et pédologiques et à l'absence de moyens de mesure en routine de la disponibilité en éléments minéraux en parcelles agricoles, rendent difficile le raisonnement de la fertilisation. Ces lacunes débouchent, pour raisonner l'apport d'engrais, sur des suggestions de multiplication des essais de doses de fertilisation, alors même que sont déjà présentes, mais peu valorisées, des notions qui seront par la suite à la base du raisonnement de la fertilisation : prise en compte au plus près des fournitures du sol de manière dynamique, raisonnement adapté à la situation de la culture (ainsi, pour citer toujours Demolon, « il est donc nécessaire de toujours adapter étroitement la variété, la densité de semis et la dose d'azote »).

Sur cette base, au cours des années 1950 et 1960 s'effectue un double mouvement quant aux objets d'intérêt de l'agronomie. Le premier concerne le développement des travaux relatifs à l'approche physique du sol ; le deuxième, la diversification des approches des techniques agricoles.

Pendant les deux décennies qui séparent les dernières éditions de l'ouvrage de Demolon de la parution de celui de Duthil, l'approche physique du sol a peu à peu rejoint les approches chimiques, en particulier avec un effort marqué en recherche. La partie biologique reste, hormis dans l'analyse des devenir des matières organiques des sols, la portion congrue ; l'intérêt pour les propriétés électriques des sols et son statut acido-basique a commencé à s'étioler. Pendant cette période, Stéphane Hénin marque de son empreinte les travaux des agronomes sur le sol, et les deux éditions (la première en 1960 avec Féodoroff, Gras et Monnier, la seconde en 1969 avec Gras et Monnier) de son ouvrage *Le Profil cultural* en sont le témoignage le plus marquant. Les sous-titres de ces deux éditions illustrent d'ailleurs le chemin réalisé en une décennie : le premier est *Principes de physique du sol*, le second *L'État physique du sol et ses conséquences agronomiques* (figure 1.2). Ainsi la trajectoire est-elle celle que Demolon appelait de



Figure 1.2. Couvertures des deux éditions du *Profil cultural* de Hénin *et al.* (1960 et 1969).

ses vœux : utiliser les connaissances en sciences du sol établies au laboratoire pour comprendre ce qui se passe en conditions agricoles, en établir les lois⁶. Et *Le Profil cultural* n'est pas qu'une somme de connaissances sur la physique des sols, c'est aussi – et c'est progressivement devenu d'abord – l'introduction à une méthode précisément baptisée « profil cultural » permettant de décrire l'état d'un sol en place (en parcelle expérimentale ou chez un agriculteur), de comprendre comment il a été obtenu, d'en prévoir les effets sur la culture, et enfin d'en envisager l'amélioration (chapitre 2). Une phrase de l'avant-propos de l'édition de 1969 résume bien le projet des auteurs : « En associant ainsi des principes et un certain nombre de faits concrets qui en résultent, nous espérons permettre à nos lecteurs de raisonner l'application des techniques et non pas de les utiliser comme des recettes. » Parallèlement, les travaux sur la structure des états de surface s'amplifient également. Ces deux thèmes liés à la physique du sol auront des prolongements particulièrement prononcés pendant les décennies suivantes, et constituent, au moins pour le premier, un thème agronomique toujours présent un demi-siècle plus tard.

Le Profil cultural constitue également une bonne illustration du deuxième mouvement évoqué ci-dessus : la diversification des opérations culturales considérées par les agronomes. En effet, de longs chapitres sont consacrés au travail du sol et au contrôle de l'eau dans le sol (en déficit comme en excès), alors que ces préoccupations étaient pratiquement absentes de l'ouvrage de Demolon. Le même constat est observé chez Duthil où, comme déjà mentionné, les parties relatives à la gestion des cultures ont donné lieu à deux volumes au lieu d'un seul planifié au départ ; et ce sont aussi les questions d'irrigation et de travail du sol qui sont venues s'adjoindre à celles, toujours très présentes, de fertilisation minérale et d'amendements organiques et minéraux. Cet accroissement des objets d'intérêt de l'agronome attire par contraste l'attention sur ce qui manque, à l'échelle de la conduite de la culture : le choix variétal et la gestion des ennemis des cultures, réduits à quelques lignes et quelques pages au sujet des rotations de culture, chez Hénin comme chez Duthil. On assiste effectivement à l'époque à une séparation explicite des champs d'intervention des différentes disciplines scientifiques concernées par l'amélioration des pratiques agricoles. Dans les années 1960, l'Inra publie ainsi toute une série de revues dénommées « *Annales* », parmi lesquelles *Les Annales agronomiques* traitent d'*agronomie générale et science du sol* (et de fait, aussi, de bioclimatologie), alors que les *Annales des épiphyties* traitent de *pathologie végétale, zoologie agricole, phytopharmacie*, et qu'il existe également des *Annales de l'amélioration des plantes*, ainsi que des *Annales de physiologie végétale*. Les *Annales agronomiques* pendant la décennie 1960-1969 traitent pour moitié environ de connaissances générales sur le fonctionnement du sol, l'autre moitié étant composée d'articles relatifs à des études de cas sur des sols particuliers, de connaissances sur les interfaces sol-atmosphère et sol-plante, et de considérations sur la gestion – surtout chimique – des sols. Et les autres *Annales* ? Celles des *épiphyties* sont pour la plupart consacrées à des monographies détaillées des agents pathogènes, insectes et adventices. On y trouve tous les traits de vie nécessaires (avec des connaissances limitées aux moyens de l'époque néanmoins)

6. Elle correspond aussi à la trajectoire personnelle de Hénin qui, après avoir succédé à Demolon à la direction du laboratoire des sols de l'Inra à Versailles en 1945, devient professeur d'agriculture générale à l'Institut national agronomique en 1959, puis va diriger le département d'Agronomie de l'Inra à partir de 1965.

pour développer des réflexions sur les liens entre les états du milieu cultivé et le développement des épidémies, clé d'entrée de la lutte préventive par adaptation des techniques culturales. Mais, même si dans la définition de l'agronomie donnée par Sebillotte en 1974 figure bien en note infrapaginale « par sol et par souci de simplification de l'exposé on entend non seulement le sol *stricto sensu*, mais également tout le milieu biologique qu'il supporte ou abrite et en particulier tous les parasites », le rendez-vous semble à cette époque encore largement manqué. Et ceci alors que les chercheurs du domaine de la protection des cultures ont bien conscience de l'importance des pratiques, comme en témoigne l'article de Rapilly de 1969 dans le *Bulletin technique d'information* du ministère de l'Agriculture, intitulé « Système de culture et évolution des maladies ». Les *Annales d'amélioration des plantes* sont quant à elles majoritairement consacrées à la biologie de la reproduction, aux ressources génétiques sur une grande diversité d'espèces, ainsi qu'aux méthodes de sélection. Mais on y trouve également, dans la comparaison de la croissance et du développement de plusieurs variétés d'une même espèce (Jonard sur le blé, Rebuschung sur la luzerne, par exemple), des descriptions du fonctionnement du peuplement qui sont très similaires, dans leur approche, à celles que les agronomes vont développer dans les décennies suivantes, et sans doute sources d'inspiration pour ces derniers.

L'orientation marquée vers une agronomie pour l'action

Peuplement cultivé et exploitation agricole

C'est en prolongement des évolutions des années 1960 que se déploient les objets d'étude de l'agronomie de 1970 à la fin des années 1980, avec des « changements de rythme » plus ou moins accentués. Une façon d'illustrer de manière concrète l'évolution des objets de l'agronomie de 1970 à 1990 consiste à considérer les thèses en agronomie soutenues à l'INA P-G pendant la décennie des années 1980 (l'autorisation à délivrer le diplôme de docteur-ingénieur en sciences agronomiques, mention « sciences et techniques des productions végétales », ayant été acquise par cet établissement en 1975) (encadré 1.2).

Encadré 1.2. Thèses d'agronomie soutenues à l'INA P-G de 1980 à 1990

Les prairies permanentes du pays d'Auge. Approche phytosociologique, essai d'interprétation agronomique (D. Caullet, 1980)

L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver : influence de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière (J. Masle-Meynard, 1980)

Contribution à l'étude des relations sociales entre le blé d'hiver (*Triticum aestivum* L. Em. Thell.) et le ray-grass raide (*Lolium rigidum* Gaud.) : rôle des caractéristiques respectives de développement et de croissance des deux espèces (M.H. Saut, 1981)

Influence des systèmes de culture sur le profil cultural : élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique (H. Manichon, 1982a)

La betterave à sucre dans la basse vallée de la Mejderda : analyse de l'élaboration du rendement selon différents itinéraires techniques (K. Latiri-Souki, 1983)

La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action de la pluie (J. Boiffin, 1984)

Système de culture, système de production et statut organique de sols : essai de diagnostic sur les pratiques d'entretien organique dans une région agricole (J. Kéli, 1984)

L'analyse des composantes du rendement du maïs. Application à l'étude de la variabilité du rendement dans une petite région (H. Navarro-Garza, 1984)

Étude au champ de l'enracinement du maïs : influence de l'état structural sur la répartition des racines, conséquences sur l'alimentation hydrique (F. Tardieu, 1984)

Étude des pratiques de travail du sol dans les exploitations du Marais poitevin (S. Pellerin, 1984)

Comportement du sol sous l'action des façons de reprise d'un labour au printemps. Effet des conditions climatiques et de l'état structural (F. Papy, 1984)

Système de culture et élaboration du rendement du riz (*Oryza sativa* L.) en Camargue (C. Dürr, 1984)

La gestion territoriale des activités agricoles, l'exploitation et le village : deux échelles d'analyse en zone d'élevage (M. Benoît, 1985)

Alimentation azotée et élaboration du nombre de grains d'un peuplement d'orge d'hiver (*Hordeum hexastichum* L.) (D. Gbongue, 1985)

Modélisation de la croissance et de la production des siliques chez le colza d'hiver (*Brassica napus* L.) : application à l'interprétation de résultats de rendements (P. Leterme, 1985)

Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver (J.M. Meynard, 1985)

Contribution à l'étude des variations saisonnières de la production prairiale : influence des modalités d'apport de l'azote et du mode d'exploitation au printemps sur la croissance estivale de peuplements de graminées fourragères (A. Denoix, 1986)

Effets des systèmes de culture sur la flore adventice dicotylédone annuelle : intérêt de la modélisation pour l'étude de l'évolution à long terme du stock de graines de l'horizon travaillé (P. Debaeke, 1987)

Modélisation de la production de luzerne et alimentation hydrique (J.L. Durand, 1987)

Nitrates du sol et de la plante : des indicateurs pour la conduite de la fertilisation du blé (J. Gonzalez, 1987)

Croissance et élaboration du rendement de l'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr) (E. Malézieux, 1988)

La germination des semences de betterave sucrière (*Beta vulgaris* L.) en conditions d'hypoxie : modélisation, contribution à un diagnostic au champ (G. Richard, 1988)

Des approfondissements substantiels viennent enrichir les connaissances sur les dimensions physiques et chimiques du sol, en continuité de l'existant. Mais le corpus de connaissances de l'agronomie s'enrichit aussi sur deux objets qui n'avaient été, comparativement aux précédents, qu'esquissés avant 1970 : le peuplement cultivé et l'exploitation agricole.

L'intérêt pour ces objets est tiré par le même enjeu que les deux mouvements décrits ci-dessus lors de la période précédente : l'approche scientifique du rendement des cultures et de la rentabilité de l'activité agricole. Les analyses relatives au rendement closent le deuxième tome de l'ouvrage de Demolon, comme une perspective

pour l'agronomie; elles ouvrent au contraire *Le Profil cultural*, presque devenues la raison d'être de l'agronomie. Dans les deux cas, elles sont étroitement associées à la notion de fertilité. Peu à peu, la volonté de comprendre l'impact des caractéristiques du sol en interaction avec le climat sur le potentiel de production en parcelle agricole, celle de comprendre l'origine de la grande variabilité des rendements obtenus sur ces parcelles, celle enfin de pouvoir agir pour améliorer rendement, fertilité et rentabilité, amènent à porter un regard nouveau sur la plante. On quitte ainsi l'analyse en laboratoire sur plante isolée pour s'intéresser à la plante en peuplement; on suit l'élaboration de la croissance et de son rapport au rendement, avec des méthodes qui, comme déjà évoqué, s'inspirent de celles suivies pour caractériser des génotypes différents en amélioration des plantes; enfin on entreprend, par des observations en parcelle agricole autant que dans des essais de fertilisation (encore très présents), d'identifier les variations de densité et de croissance du peuplement au cours de la durée de vie d'une culture. Il ne fait pas de doute que l'analyse du comportement des cultures faisait partie du quotidien des praticiens de l'agriculture; la différence vient ici de la volonté d'en avoir une approche scientifique, nourrie par les connaissances physiologiques et de sciences du sol. On assiste ainsi à partir des années 1970 à une amplification brutale de ces travaux, qui déboucheront sur ce qu'on a appelé « l'écophysologie ». Parallèlement, des approfondissements ont également lieu en ce qui concerne le raisonnement des techniques (fertilisation, mais aussi de manière importante travail du sol, entretien humique des parcelles, choix du couple date \times densité de semis pour les cultures annuelles, en relation notamment avec les travaux sur le fonctionnement des couverts).

Bien que portant sur un objet très différent, l'analyse de l'exploitation agricole relève d'une même préoccupation générale, celle de la productivité et de la rentabilité de l'activité agricole. Cette préoccupation est presque implicite dès l'après-guerre, tant elle est évidente : l'objectif est de maximiser les rendements et de préserver une profitabilité financière pour les agriculteurs. Quelques considérations sur la qualité des récoltes viennent s'ajouter à la préoccupation de la productivité. Dans ce contexte, la réémergence de l'exploitation agricole comme un objet d'étude pour les agronomes se produit dans les années 1960 dans le cadre d'interactions avec les économistes, et grâce à la facilitation des moyens de calcul : agronomes et économistes se retrouvent autour d'un objet, l'assolement, que l'on cherche à optimiser grâce à la technique statistique qu'est la programmation linéaire. Très vite les questions posées vont se complexifier, avec la prise en compte des effets différés dans le temps des choix des cultures, impliquant des choix conjoints d'assolement et de rotation, ou encore avec les interrogations sur le temps de travail et donc l'organisation de l'exploitation agricole. Ces approches, qui restaient très sectorielles dans les années 1960, étaient les signes avant-coureurs des travaux des agronomes relatifs au fonctionnement des exploitations agricoles menés des années 1970 au milieu des années 1990. La rupture à ce moment a été de prendre les exploitations agricoles comme objet d'étude en soi, permettant d'éclairer les choix techniques des agriculteurs.

De la prise en compte des conditions agricoles à l'analyse des pratiques

Tous ces enrichissements sont à la fois accompagnés et probablement pilotés par un déplacement sensible du centre de gravité des objets de l'agronomie : il était encore nettement positionné du côté de l'expérimentation en conditions contrôlées et, sans en

faire une exclusivité, un déplacement s'effectue vers les conditions agricoles, dans une perspective d'utilité pour l'action, avec trois corollaires essentiels pour l'agronomie :

- le champ cultivé s'appréhende physiquement comme un ensemble, un objet dont l'analyse de chaque compartiment est insuffisante pour comprendre à la fois le devenir des cultures et les raisonnements des agriculteurs, ce qui implique le développement d'une approche systémique de cet objet caractérisé par les relations climat-sol-plante – ce qui était un peu paradoxalement qualifié d'écologie par Duthil, mais dont l'évocation devient chez Sebillotte une sorte de mantra de la réflexion agronomique ;
- la diversité des parcelles – et des exploitations – devient un sujet d'intérêt et d'exploration en soi. Il s'agit à la fois de comprendre l'origine de cette diversité, en particulier par des diagnostics appropriés ; d'en estimer les conséquences en termes de production ; et d'en tenir compte dans les métiers – en particulier ceux du conseil agricole – qui y sont confrontés ;
- le raisonnement des activités agricoles est appréhendé de manière scientifique, avec deux innovations importantes : d'une part on cherche à s'approcher de la manière dont l'agriculteur raisonne, et d'autre part on incorpore dans l'approche du raisonnement ce que les connaissances produites sur le fonctionnement de la parcelle agricole font émerger comme interactions entre choix techniques, dues aux relations climat-sol-plante.

Ce dernier corollaire est sans doute celui qui témoigne de la plus forte rupture par rapport aux périodes précédentes, et qui projette le plus l'agronomie dans sa double dimension scientifique et technique. Il consiste à prendre comme objet non pas le raisonnement des techniques (déjà largement existant), mais le raisonnement des pratiques, c'est-à-dire des techniques mises en œuvre par les agriculteurs.

Si l'on souhaitait une date marquante au sujet de l'émergence de cet objet, il faudrait en réalité en retenir deux : l'article de Sebillotte de 1974 sur « Agronomie et agriculture » d'une part, et la création du département Systèmes agraires et développement (SAD) de l'Inra en 1979 d'autre part. Le premier est un témoignage disciplinaire, et pour ainsi dire personnel au sens où il affirme un point de vue individuel ; le second l'inscrit dans un mouvement pluridisciplinaire plus large. En 1974, Sebillotte identifie deux objectifs de travail pour l'agronome : « Une part de son activité vise l'accroissement des connaissances sur les mécanismes de fonctionnement de l'ensemble peuplement végétal et milieu soumis à l'action de l'homme, et une autre part est directement au service de l'agriculture. » C'est cette seconde part qui va être la toile de fond des recherches sur les pratiques agricoles, avec une hypothèse fondamentale – qui aurait pu ne pas exister – réexprimée par Sebillotte de manière synthétique en 2006 dans *L'Agronomie aujourd'hui* : « L'agronome a pour ambition de voir les connaissances qu'il produit utilisées par l'agriculteur. Or, il constate rapidement que celui-ci ne raisonne pas comme lui, qu'il a sa propre rationalité [...]. Les agronomes ne peuvent traiter d'irrationnel, *a priori*, ce qu'ils ne comprennent pas. L'agriculteur cultivant sa parcelle est devenu le deuxième objet de l'agronome. » L'orientation vers une agronomie « au service » devient possible dès lors que se construisent les connaissances sur ce deuxième objet. Dans ce champ d'intervention de l'agronomie, la fertilisation – et singulièrement la fertilisation azotée – a joué un rôle pionnier et pivot. On se souvient qu'elle était l'élément de conduite des cultures déjà présent chez Demolon, avec un raisonnement fondé sur une compréhension des relations entre sol et plante ; c'est autour d'elle que s'est exercée ensuite la capacité des agronomes à passer de la

description à la prescription, grâce à un travail sur les besoins de référence pour les agriculteurs, venant compléter la compréhension du fonctionnement des cultures au champ en conditions de disponibilité minérale variables ; c'est enfin autour d'elle que la construction des itinéraires techniques s'est ultérieurement largement bâtie.

Le département SAD de l'Inra a ensuite joué un rôle majeur dans la montée en puissance du raisonnement des pratiques des agriculteurs comme objet de l'agronomie. Son propos principal, exprimé par Vissac et Hentgen (1979) lors de l'assemblée constitutive du département, était englobant par rapport à cet objet : « L'approche du Département [...] consistera d'abord à analyser le fonctionnement des exploitations, du système agricole régional, à en dégager les atouts et les contraintes écologiques et socio-économiques. Il en découlera des propositions de systèmes globaux et la nécessité d'expérimentations plus synthétiques [...]. Cette démarche se situe dans le cadre de la mise au point d'une méthode d'élaboration de références techniques utiles au développement, méthode équilibrant la voie descendante de transfert de l'innovation par une voie montante partant d'analyses de systèmes en situation. » L'exploitation agricole – et non le raisonnement des pratiques – en constituait donc l'objet essentiel. Mais le département SAD fournissait un lieu propice au développement de ce que Sebillotte appelait de ses vœux, à travers trois de ses propriétés : la possibilité organisée de confrontations de points de vue sur un même objet – le département était largement fondé sur des équipes investies dans des analyses ayant été soutenues par la Délégation générale à la recherche scientifique et technique (DGRST) du ministère en charge de la Recherche dans plusieurs régions françaises dont l'Aveyron, les Vosges, le Noyonnais – ; l'explicitation de la nécessité de forger des démarches scientifiques originales pour l'aide au développement ; et, surtout, le cadre institutionnel permettant la reconnaissance et la stimulation de recherches pluridisciplinaires. Ce dernier point est essentiel, car l'objet que constitue le raisonnement des pratiques allait se déployer dans les années 1980 et 1990 comme un objet pluridisciplinaire partagé entre l'agronomie et les sciences animales d'une part, et les sciences économiques et sociales (en particulier gestion et ergonomie) d'autre part, sans lesquelles cet objet n'aurait pas eu le même avenir. Deux ouvrages illustrent ce premier âge des productions du département SAD de l'Inra en agronomie : *Fertilité et systèmes de production* (Sebillotte, 1989) et *Le Fait technique en agronomie* (Gras et al., 1989)⁷.

Comme en témoigne l'ouvrage *Modélisation systémique et système agraire* (Brossier et al., 1990), cet objet agronomique qu'est le raisonnement des pratiques des agriculteurs s'est ensuite ramifié dans plusieurs directions, cognitive d'une part (le concept de modèle d'action de l'agriculteur en étant le témoignage le plus emblématique) et instrumentale d'autre part. Sur ce dernier plan, les instruments ont d'abord été à destination de l'aide à la décision des agriculteurs, avec la production des « indicateurs » et des « outils d'aide à la décision » fortement appuyés sur les progrès de la modélisation et de l'informatique, comme on en trouve de nombreux exemples en particulier en conditions tropicales dans les ouvrages *La Conduite du champ cultivé : points de vue*

7. On appréhendera bien la transformation systémique de l'agronomie à ce moment en prenant en considération que la décennie 1980 est aussi celle de la mise en place de la Relance agronomique, vaste opération de formation de conseillers agricoles et d'enseignants du système d'enseignement technique agricole. Cette formation obligeait, dans une certaine mesure, les agronomes, en les forçant à démontrer l'opérationnalité de leur discipline dont ils la disaient parée pour transformer l'agriculture ; simultanément, la mission professionnelle longue incluse dans la formation était un lieu exceptionnel pour mettre à l'épreuve, en situation réelle, les résultats de la recherche agronomique (chapitre 7).

d'agronomes (Biarnès, 1998) et *Modélisation des agroécosystèmes et aide à la décision* (Malézieux *et al.*, 2001). Dans un second temps, cette instrumentation s'élargira dans les années 2000 et 2010 à l'aide à la décision publique, ainsi qu'à l'aide pour mener des activités de conseil auprès des agriculteurs (chapitre 2).

Au-delà de la parcelle et de l'exploitation agricole, l'environnement et la qualité des produits

C'est dans les années 1980 que s'amorcent plusieurs évolutions, qui s'épanouiront par la suite à partir de deux moteurs principaux liés à des enjeux économiques et sociaux, d'une manière qui sera détaillée dans la deuxième partie de l'ouvrage. Il s'agit d'être capable de prendre en considération d'une part les interactions entre agriculture et environnement, et d'autre part de manière plus fine la qualité des produits agricoles, qui devient un déterminant important de leur valeur.

La prise en compte des enjeux environnementaux liés à l'activité agricole a été un formidable ferment pour faire évoluer les objets de l'agronomie. Dès 1974 dans le *Bulletin technique d'information*, Hébert, alors directeur de la station agronomique de l'Aisne, publie un article intitulé « Recommandations aux agriculteurs pour limiter l'enrichissement des nappes d'eau en éléments fertilisants ». Et au même moment d'autres agronomes (Chrétien *et al.*, 1974) mettent en rapport la fertilisation azotée et l'augmentation des teneurs en nitrate dans les eaux dans le département de l'Yonne. Il est néanmoins raisonnable, malgré ces précurseurs, de reconnaître que les questions environnementales ne sont pas centrales dans le projet de l'agronomie avant 1990, et qu'avant 1980 elles sont souvent collatérales. Ainsi, quand Deffontaines dès 1968 écrit à propos de l'érosion (dans l'article « Essai d'appréciation du danger d'érosion dans les vergers en fortes pentes en moyen Vivarais », qui ouvre l'ouvrage *Les Sentiers d'un géoagronome*, Collectif, 1998b), il le fait avec en filigrane une problématique de potentialité parcellaire, dans une optique de développement et non de nuisance environnementale. En 1977, le livre *Pays, paysans, paysages dans les Vosges du Sud* (Collectif, 1977), fortement influencé notamment par deux agronomes, Deffontaines et Osty, est de ce point de vue typique d'un travail qui n'a trouvé écho dans la communauté des agronomes que plus d'une décennie après sa première édition. L'environnement n'est petit à petit apparu plus visiblement dans les préoccupations de la discipline en France que dans les années 1980. La contribution initiatrice généralement retenue est connue sous le vocable « rapport Hénin », dont le titre est *Activités agricoles et qualité des eaux* (Hénin, 1980a), rapport pour la rédaction duquel Hénin mobilise l'ensemble du département d'Agronomie de l'Inra. Les indices discrets mais concrets de cette montée en puissance progressive du thème de l'environnement ne manquent ensuite pas : les travaux de nombreuses équipes de l'Inra (en particulier à Laon et à Colmar) sur la dynamique des éléments minéraux ; ceux menés sur la qualité de l'eau par l'Inra à Vittel ; la thèse de Meynard (1985) sur les itinéraires techniques du blé à bas niveau d'intrant ; les travaux de Boiffin et Papy sur l'érosion (Boiffin *et al.*, 1988 ; Papy et Boiffin, 1988) ; l'article de Meynard et Girardin « Produire autrement » (1991), celui de Sebillotte et Meynard dans l'ouvrage *Nitrate agriculture eau* (1990), qui sera central pour les raisonnements menés dans les opérations Ferti-Mieux qui ont marqué la décennie 1990... Néanmoins, en 1990, lors du congrès inaugural de l'European Society for Agronomy

réuni à Paris, moins de 5% des communications françaises portent sur une problématique environnementale – mais ce n'est pas une exception hexagonale, le constat vaut pour l'ensemble des contributions.

Cette préoccupation environnementale, finalement installée, va élargir les objets de l'agronomie dans les années 1990 et 2000 surtout de deux manières. La première est l'introduction de nouvelles « variables de sortie » des processus en cause dans les relations climat-sol-plante, concernant des compartiments de l'écosystème externe à la parcelle cultivée, amenant à la fois à revisiter ces processus et à contribuer à un raisonnement des pratiques agricoles qui tiennent compte de ces variables de sortie. Un exemple typique – et celui qui fut le plus traité dans les années 1990 – concerne la dynamique de l'azote dans les sols agricoles, avec l'adjonction successivement, comme variables d'intérêt, de la teneur en nitrate de la lame d'eau drainée puis de l'émission de protoxyde d'azote. Cette introduction de préoccupations nouvelles nécessite de reprendre de manière plus fine l'analyse des processus, en particulier de minéralisation et d'organisation. Elle amène aussi à rénover non seulement le raisonnement de la fertilisation azotée, mais aussi celui de toutes les pratiques jouant sur les flux d'azote dans la parcelle, notamment la gestion de l'interculture qui devient un objet d'intérêt, ou encore le raisonnement plus fin des amendements organiques. Le second élargissement consiste à introduire l'espace dans les objets de l'agronome. On se souvient que l'aménagement du territoire figurait dans la définition de l'agronomie par Hénin en 1971, et les agronomes s'étaient intéressés à des échelles supraparcellaires depuis les années 1970, mais de manière relativement timide, ou confinée. Ainsi, le « géoagronome » qu'était Deffontaines s'est tôt intéressé à des dimensions paysagères. Il l'a initialement fait néanmoins à l'origine comme un analyste de l'espace plutôt que dans une visée gestionnaire : comme l'indique le titre d'un de ses articles, il chemine « du paysage comme moyen de connaissance de l'activité agricole à l'activité agricole comme moyen de production du paysage ». Parallèlement, d'autres agronomes se sont intéressés aux questions de gestion de sole, notamment à travers les questions de transferts de fertilité spatialisés en agriculture tropicale. Cependant, il est probable que c'est bien la pression des questions environnementales – et, comme on le verra ci-après, celles relatives à la qualité – qui a amené les agronomes à considérer de manière plus centrale des objets à une autre échelle que la parcelle. Ils l'ont fait d'abord du point de vue physique, à travers les échanges de matière entre parcelles, l'exemple emblématique en étant les travaux sur le ruissellement et l'érosion développés à partir de la fin des années 1980. Puis plus tard ils ont intégré les composantes biologiques – flux de gènes, gestion spatialisée des adventices, gestion de la durabilité des résistances variétales aux maladies, dimensions paysagères de la gestion des bioagresseurs. Dans l'ouvrage *Agricultures et territoires*, paru en 2005 sous la direction de Laurent et Thinon, les agronomes signent ainsi un bon tiers des contributions; et dans *Agro-nomes et territoires*, paru la même année sous celle de Prévost (2005), ils trouvent sans difficulté leur place face aux géographes, économistes et ethnologues.

La montée de la préoccupation relative à la qualité des productions agricoles est concomitante de celle relative à l'environnement, mais s'affiche de manière plus discrète; probablement en raison d'une moindre résonance à l'époque dans la société, mais aussi d'un capital moindre de connaissances agronomiques permettant d'aborder ce nouveau champ. Cette préoccupation était présente en permanence

chez les agronomes, mais plutôt en « basse continue » : elle l'est dans les volumes cités ci-dessus, chez Demolon, chez Duthil, chez Sebillotte, mais sans que des développements importants lui soient consacrés. Elle y est essentiellement traitée du point de vue de la nutrition minérale et de la fertilisation azotée, et d'une manière plus générale par les rapports de la plante au sol dans la programmation de la recherche du département d'Agronomie en 1971 (Maquart *et al.*, 1971), renvoyant pour le reste explicitement ou implicitement l'amélioration de la qualité au progrès génétique. Dans les années 1990, les évolutions des objets d'étude de l'agronomie liées à cette préoccupation vont pour une part rejoindre celles liées à la préoccupation environnementale. Considérer la qualité comme s'élaborant non seulement au champ, mais aussi au sein des filières de production végétale (comme l'évoque le titre d'un chapitre dédié à cette question dans *L'Agronomie aujourd'hui*), amène en effet les agronomes à considérer non plus la qualité des produits en sortie du champ, mais aussi au niveau de l'organisme stockeur ou du transformateur (qui, eux, ont toujours eu des préoccupations relatives à la qualité des produits). Cela entraîne d'une part l'apparition de nouveaux critères de qualité, et d'autre part la prise en considération de la construction de la qualité à l'échelle d'un bassin de collecte – ce qui est une autre manière d'appréhender la question du territoire en agronomie. De manière coïncidente, c'est aussi dans les années 1990 que l'écophysiologie s'affirme comme une nouvelle manière de considérer le fonctionnement du peuplement végétal, davantage finalisée par la compréhension intégrée de grandes fonctions (l'alimentation hydrique, l'alimentation azotée, la régulation du nombre d'organes), mobilisant les connaissances de physiologie végétale, que par l'élaboration du rendement. Cette évolution permet le développement d'une « écophysiologie de la qualité », qui mobilise les nouvelles possibilités métrologiques et de modélisation pour produire des connaissances sur l'impact combiné du milieu, de la conduite culturale et du génotype sur la croissance des organes et leurs teneurs en composés d'intérêt, ou à l'inverse indésirables.

La prise en compte des composantes biologiques de l'agroécosystème

Dans les années 2000, la représentation conceptuelle du champ cultivé, et plus globalement de l'agroécosystème comme objet de l'agronomie, va très significativement s'enrichir. À l'échelle de la parcelle comme à celle du territoire, l'intégration de la composante biologique dans sa diversité constitue une évolution fondamentale. Le système « champ cultivé » des agronomes a été de fait, pendant plusieurs décennies, un système tronqué. Il était défini par le triptyque climat-sol-plante; on admettait bien sûr dans le sol une certaine vie, puisque la matière organique y jouait un rôle important – mais c'est à peu près là que s'arrêtait la prise en compte de la composante biologique dans l'agroécosystème, hors bien sûr l'espèce omniprésente qu'est l'espèce cultivée, et à l'exception des communautés d'adventices. Ces dernières ont en effet toujours été considérées par les agronomes, comme en attestent notamment les thèses des années 1980 citées ci-dessus – c'était même, sporadiquement, l'un des rares points de jonction entre l'agronomie et la protection des cultures dès les années 1960. Et c'est d'ailleurs encore à travers les adventices que les liens entre l'agronomie et les disciplines concourant à la protection des cultures se sont resserrés dans les années 1990, avec la création d'une unité Inra Malherbologie et agronomie à Dijon. En revanche, les agents pathogènes responsables

des maladies, les insectes et autres communautés responsables de dégâts aux cultures n'étaient pratiquement pas présents dans le champ de l'agronomie, avant quelques apparitions clairsemées dans les années 1990. Au début des années 2000, concomitante de la pression sociétale commençant à s'accroître sur l'usage des pesticides en agriculture, une réflexion commune et structurée s'est installée entre agronomes, pathologistes et améliorateurs des plantes pour déboucher sur une approche partagée et interdisciplinaire de la protection des cultures (voir par exemple l'article de Meynard *et al.*, 2003), avant de s'élargir aux autres espèces responsables de dégâts. Par effet d'entraînement, l'agronomie a alors définitivement fait entrer dans ses objets la protection des cultures, qui n'était jusqu'alors que timidement présente dans les travaux relatifs aux itinéraires techniques et aux systèmes de culture, les dégâts sanitaires étant envisagés davantage comme un risque à évaluer lors de changements de pratiques que comme un objet à investir en soi. Un témoin majeur de cette appropriation est la participation forte d'agronomes à l'expertise scientifique collective menée en 2005 par l'Inra et le Cemagref, à la demande des ministères français en charge de l'Agriculture et de l'Environnement, qui a permis de dresser un état des lieux des connaissances sur lesquelles pourraient se fonder des actions visant à réduire le niveau actuel d'utilisation des pesticides et leurs impacts environnementaux (Aubertot *et al.*, 2005). Ces évolutions ont également amené à introduire dans l'agroécosystème, à l'échelle du territoire, les éléments non cultivés. À l'exception des aménagements ayant un effet sur le ruissellement et l'érosion, et de ceux permettant la protection des cours d'eau (bandes enherbées), l'espace sur lequel raisonnaient les agronomes était en effet presque exclusivement composé d'un assemblage de parcelles agricoles. Les dynamiques des communautés hébergées dans les parcelles agricoles étant fonction des habitats et ressources également présents dans les zones non agricoles (bois, talus, haies, bordures, etc.), il devint nécessaire de procéder à cette seconde complexification de l'objet agroécosystème, en les y incorporant sous le nom fréquemment utilisé d'« infrastructure écologique ».

Enfin, deux moteurs ont amené les agronomes à poursuivre cet enrichissement, amenant à compléter leur vision de l'agroécosystème (figure 1.3), en y incluant également les communautés telluriques et aériennes non pathogènes. D'une part, le premier de ces moteurs découle directement de l'intérêt pour la protection des cultures évoqué ci-dessus. En effet, la prise en compte des connaissances en écologie relatives aux relations entre proie et prédateur, et plus généralement aux dynamiques des communautés, a nécessité de s'intéresser aux auxiliaires, c'est-à-dire aux agents non pathogènes responsables des régulations des populations d'agents pathogènes dans les cultures. D'autre part, la diversification des pratiques de travail du sol a rendu nécessaire de s'intéresser aux bénéfiques que la macrofaune pouvait apporter pour améliorer la structure du sol – et aux effets des pratiques sur cette macrofaune. L'ensemble de ces évolutions a amené à des collaborations beaucoup plus étroites entre agronomes et écologues : l'intersection entre leurs champs scientifiques se limitait antérieurement à l'écologie fonctionnelle, elle s'est élargie à l'écologie des populations et communautés, et plus généralement à tout ce qui peut favoriser les régulations biologiques dans les agroécosystèmes (voir notamment l'article de Médiène *et al.*, 2011). Enfin, au cours de la dernière décennie, les progrès qui ont été réalisés dans les méthodes de caractérisation des microorganismes du sol laissent entrevoir des capacités nouvelles d'intégration de ces communautés dans l'appréhension du fonctionnement de l'agroécosystème, et dans la conduite des cultures avec diverses finalités.

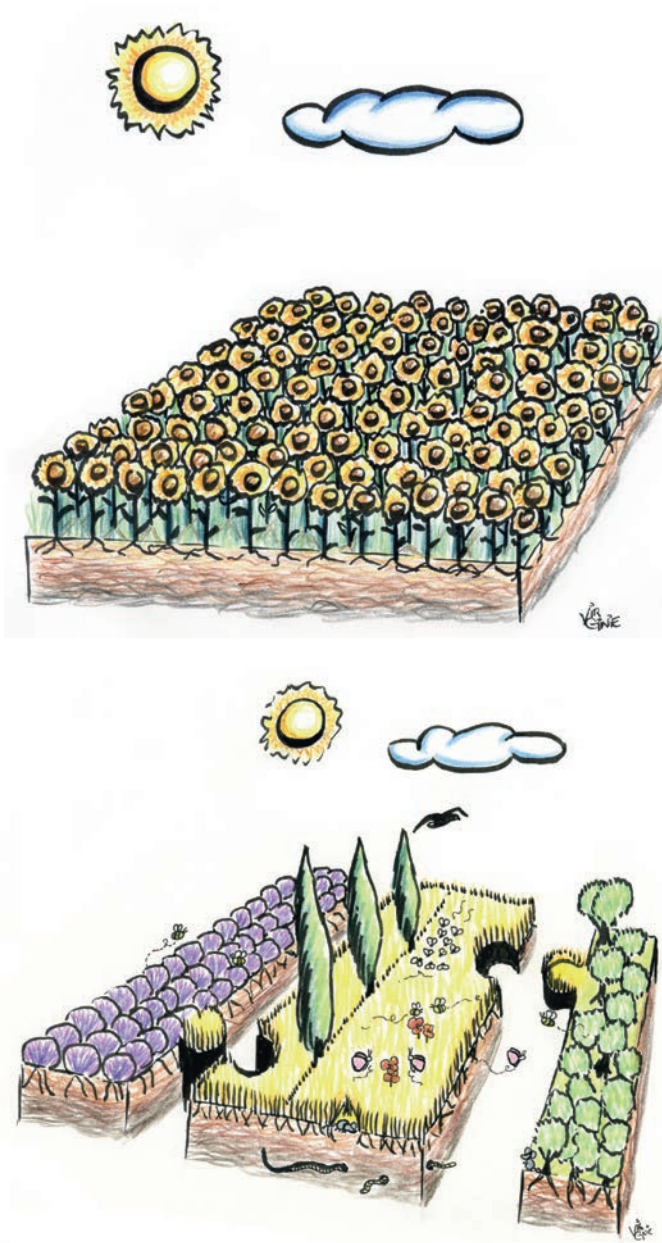


Figure 1.3. De haut en bas, évolution des représentations de l'agroécosystème chez les agronomes (d'après Doré, 2011, dessins de V. Lelièvre).

En même temps que cette nouvelle vision de l'agroécosystème par les agronomes, et de manière très articulée avec elle, l'agronomie a fortement réinvesti l'objet « système de culture ». Ce regain d'intérêt a amené à revoir les méthodes de conception et d'évaluation des systèmes de culture, ce qui sera développé dans le chapitre 2. Sans qu'elle lui soit tout à fait inféodée, cette évolution n'est pas sans lien avec la prise en considération

de la multifonctionnalité de l'agriculture dans les années 1990, puis avec l'importance prise par le concept de service écosystémique dans les années 2000. En effet, la prise en compte des objectifs de différentes parties prenantes vis-à-vis de la construction et de l'évaluation des systèmes de culture et de leurs assemblages devient un impératif. Cela peut toucher une partie seulement des pratiques – par exemple les multiples formes de simplification du travail du sol, ou encore les mélanges d'espèces. Mais cela peut toucher aussi la conception globale des systèmes, souvent caractérisés par des ensembles de règles relativement strictes, ou des conditions particulières, extrémisant les conditions de conduite – différentes formes d'agriculture urbaine, agriculture biologique, agroforesterie, permaculture, etc. Ces systèmes constituent sinon de nouveaux objets, tout au moins de nouvelles déclinaisons d'intérêt d'objets anciens, renouvelant dans le même temps les connaissances à produire. Par exemple, l'apparition de couverts hétérogènes interroge à la fois le fonctionnement des peuplements, leur gestion et leurs interactions avec l'environnement ; l'apparition de nouveaux substrats en agriculture urbaine pose des questions nouvelles de dynamique des éléments dans le continuum sol-plante-atmosphère ; la question des valeurs (par exemple l'importance pour certains agriculteurs du plaisir au travail, de l'esthétique, ou encore de l'équité, voir notamment les travaux de Morel, 2016) émerge dans la compréhension du fonctionnement des exploitations et des décisions des agriculteurs, ce qui modifie la manière de finaliser l'action.

D'autres extensions en devenir

Enfin, d'autres mouvements touchent l'agronomie depuis la fin des années 2000, mais il est sans doute trop tôt pour évaluer en quoi ils changent les objets de l'agronomie. Les mouvements à visée programmatique évoqués en 2010 par Doré ne se sont dans les faits pas tous traduits par des évolutions visibles. Ainsi, la nouvelle alliance à viser avec la biologie végétale, dont l'agronomie s'est excessivement séparée au cours des dernières décennies, semble ne pas réussir à dépasser les travaux menés en commun en écophysiologie. En revanche, l'« agronomie globale », c'est-à-dire celle qui s'intéresse à l'agroécosystème comme responsable de phénomènes qui prennent leur sens à une échelle globale, a fait l'objet de davantage d'attention. Elle relie l'agronomie à des problématiques comme la sécurité alimentaire, l'usage des sols sous changements globaux, la prévention et la maîtrise des espèces invasives, etc. Les changements climatiques, d'abord avec l'appréhension de leur impact sur la production végétale (dont le marqueur le plus visible dans le champ de l'agronomie dans les années 2000 est le projet Climator, popularisé par la publication du *Livre vert*; Brisson et Levrault, 2010), puis avec l'adaptation et la contribution de l'agriculture à leur atténuation, sont sans aucun doute le moteur le plus important de cette évolution. Si le renouvellement méthodologique que ce nouveau changement d'échelle implique est d'ores et déjà bien visible (voir Makowski *et al.*, 2014), le renouvellement des objets n'est pas encore complètement clarifié, non plus que le nécessaire renouvellement des alliances disciplinaires. Par ailleurs, la numérisation promise de l'agriculture va-t-elle également être source de renouvellement des objets de l'agronomie ? Pour illustrer les préoccupations récentes des agronomes, potentiellement source de renouvellement de leurs objets, le tableau 1.2 présente les sujets qu'ils ont traités dans les manifestations organisées par l'Association française d'agronomie au cours des dix dernières années.

Tableau 1.2. Intitulés des débats organisés dans le cadre des assemblées générales de l'Association française d'agronomie et des *Entretiens du Pradel* de 2009 à 2019.

2009	Grenelle de l'environnement et agriculture
2010	Agronomie et défi alimentaire
2011	PAC 2013 : implication de et pour l'agronomie Défi alimentaire et agronomie
2012	Agronomie et agroécologie
2013	Variétés et systèmes de culture : quelle coévolution ? Quelles implications pour l'agronomie et la génétique ? Des politiques publiques à l'efficacité économique des entreprises agricoles : quelles synergies entre agronomie et économie ?
2014	Stratégies d'adaptations de l'agriculture aux aléas et changements climatiques : apports de l'agronomie
2015	Regards d'agronomes sur les relations entre agriculture et ressources naturelles Savoirs agronomiques et développement agricole
2016	Besoins nutritionnels et enjeux agronomiques
2017	Agronomie et révolution numérique Agronomie et design territorial
2018	Nouveaux raisonnements de la fertilisation azotée
2019	Méthanisation et agriculture Quel « théâtre d'agriculture et ménage des champs » aujourd'hui ?

► Les concepts de l'agronomie

Par concept, on entendra ici l'idée – notion abstraite donc – utilisée pour représenter les caractéristiques générales des objets – concrets – de l'agronomie, et permettant « d'en organiser les connaissances », selon la définition du Larousse⁸. L'originalité est un des critères de reconnaissance disciplinaire. Les objets de l'agronomie pouvant être partagés avec d'autres disciplines – avec par exemple la science du sol, l'écologie ou encore la gestion –, l'identification de concepts originaux liés à ces objets est un marqueur important pour distinguer la discipline. Quelles évolutions des concepts de la discipline ont permis de soutenir les changements – et permanences – d'objets ? Les objets de l'agronomie étant très nombreux, tant en ce qui concerne le système biophysique que le système d'actions (que la discipline embrasse simultanément), balayant une large gamme d'échelles spatiales et de niveaux d'organisation, les concepts afférents à ces objets sont en effectif tel qu'il serait vain de viser une exhaustivité dans la présentation de leurs évolutions. Le parti pris dans les pages qui suivent a été de s'attacher aux exemples les plus emblématiques permettant de montrer une évolution dans l'apparition des concepts agronomiques et d'esquisser leur portée, ceci en lien avec les contours et objets de la discipline. Par commodité, nous illustrerons successivement les évolutions des deux types de concepts utilisés par l'agronomie, pour caractériser le fonctionnement de l'agroécosystème, puis pour caractériser l'action des acteurs.

8. On se limitera ici aux concepts relatifs aux objets. Ceux qui ont trait aux outils (comme ceux de profil cultural, de tour de plaine, ou des indicateurs de performance agronomique) et aux méthodes (l'expérimentation-système, le diagnostic agronomique, différents types de modélisation, ou encore la conception et la recherche d'innovations, par exemple) de la discipline seront présentés dans le chapitre 2.

De nombreux concepts assimilés pour aborder et caractériser le fonctionnement de l'agroécosystème

Flirtant avec nombre d'autres disciplines dont elle partage les objets ou se frottant à elles, quand elle n'en est pas la directe héritière (chapitre 4), l'agronomie a beaucoup emprunté – et continue à le faire. De manière caricaturale, on pourrait vouloir distinguer l'emprunt de l'appropriation transformatrice, issue fréquemment d'un travail conjoint entre disciplines ; en réalité, il s'agit d'un continuum et la distinction n'est pas toujours évidente à faire.

Au départ, les concepts issus de la science du sol

L'origine de l'agronomie française contemporaine se trouvant, institutionnellement, humainement et objectivement, du côté de la science du sol, c'est d'abord à cette discipline que les emprunts ont été faits. De 1945 à 1970, tout en réalisant le passage du laboratoire au champ cultivé narré ci-dessus, l'agronomie a couramment utilisé nombre de concepts liés au sol et venant de la discipline « mère ». Ainsi en est-il pour caractériser la terre et l'objet tridimensionnel qu'est le sol : granulométrie, texture, capacité d'échange cationique, horizon de sol, humus, porosité, adhésivité, plasticité, point de flétrissement permanent, etc. Ces concepts ont été utilisés pratiquement sans changement par les agronomes. D'autres concepts issus de la science du sol ont subi une transformation, ou des prolongements sémantiques adaptés aux objets de l'agronomie, fruits d'un dialogue entre les deux disciplines. Un exemple peut être pris, pour l'illustrer, à travers la structure du sol. En science du sol, la structure correspond originellement à l'assemblage des agrégats terreux, avec différentes variantes d'usage du concept : pour un pédologue qui s'intéresse au sol, depuis son interface avec l'atmosphère jusqu'à son interface avec la roche-mère, ce qui importe c'est la caractérisation de la structure macroscopique des différents horizons (horizon lamellaire, horizon poreux, etc.) ; tandis qu'un spécialiste de mécanique des sols s'intéressera à la stabilité de la structure et à sa dégradation, en particulier au niveau de l'horizon de surface. En agronomie, tout en désignant formellement toujours l'agencement des agrégats terreux, le concept de structure a évolué et s'est appliqué plus spécifiquement aux horizons ayant un impact direct sur le fonctionnement du peuplement végétal et sur les processus en jeu dans les impacts environnementaux liés à l'agriculture. Se sont ainsi développées depuis les années 1960 en agronomie des manières d'organiser les connaissances sur les agencements dans ces horizons. Le concept s'est ainsi transformé, et la structure du sol en agronomie n'est plus tout à fait celle de la science du sol à l'origine. En ce qui concerne la stabilité structurale, l'accent mis par la science du sol portait sur la manière de la caractériser et sur les mécanismes à l'origine de la dégradation de la structure. Les agronomes ont valorisé cet ensemble de connaissances et l'ont prolongé en se préoccupant des impacts de cette stabilité et de cette dégradation en surface, en particulier sur deux phénomènes importants : la levée des plantes cultivées d'une part, et le ruissellement et l'érosion d'autre part. Ils ont pour cela dérivé des concepts comme celui de « croûte de battance » puis celui de « trajectoire d'états » pour caractériser la dynamique d'évolution de l'état de surface du sol, en relation avec ces deux phénomènes. Ces évolutions conceptuelles ont été engendrées non par une quête cognitive relative à

la pédogenèse (cas du pédologue) ou aux processus physiques d'évolution du matériau (mécanique des sols), mais par de nouvelles questions, liées à l'élaboration du rendement ou aux enjeux environnementaux.

Pour traiter de la dynamique de l'eau, un exemple de constructions conceptuelles interdisciplinaires

Des emprunts du même type ont existé avec d'autres ensembles disciplinaires, avec parfois des agencements entre plusieurs disciplines qui partagent un « patrimoine conceptuel » commun. Ainsi de la question de la dynamique de l'eau dans le sol, de sa contribution à l'alimentation hydrique des cultures, et de la gestion de l'irrigation. Le numéro 12 (1) des *Annales agronomiques* de 1961 dédié à ces questions illustre bien cette interdisciplinarité, où se croisent sciences des sols, bioclimatologie, physiologie végétale et agronomie (encadré 1.3).

Largement nourris par des références internationales sur la dynamique de l'eau aux interfaces sols-végétation-atmosphère (avec d'abondantes citations de Thornthwaite ou encore Penman), les concepts des bioclimatologistes (évapotranspiration potentielle et

Encadré 1.3. Sommaire du numéro 12 (1) des *Annales agronomiques* (1961)

Darlot A. – Le problème des irrigations de complément. Perspectives de développement, influence sur l'aménagement des eaux, nécessité et objectifs d'une expérimentation.

Turc L. – Évaluation des besoins en eau d'irrigation, évaporation potentielle, formule climatique simplifiée et mise à jour.

Bouchet R.J. – Signification et portée agronomique de l'évaporation potentielle.

Robelin M. – Éléments sur la rentabilité de l'irrigation.

De Parcevaux S. – Tests physiologiques permettant de contrôler l'alimentation en eau des plantes.

Mériaux S. et Perrey C. – Observations sur l'irrigation du dactyle en sol de réserve hydrique moyenne.

Hallaire M. – Irrigation et utilisation des réserves naturelles.

Huguet C. – Essais d'évaluation des besoins en eau de cultures maraichères sous climat méditerranéen.

Damagnez J. et de Villèle O. – Les besoins en eau réels des cultures et les possibilités d'utilisation des réserves d'eau du sol en Tunisie. Influence de la salure.

Cointepas J.P. et Roederer P. – Premiers résultats de l'évolution de la salure du sol par irrigation à l'eau salée en Tunisie.

Godard M. – L'approvisionnement en eau du sol, les facteurs climatiques et la végétation du maïs dans le Languedoc méditerranéen.

Granier J. – Compte rendu des essais d'irrigation faits à l'école de Valabre en 1959 et 1960.

Périgaud S. – Problèmes posés par l'irrigation et le drainage des sols de Brenne.

Vernet A. et Chaussat R. – Dynamique racinaire et alimentation en eau des végétaux.

évapotranspiration réelle par exemple), des spécialistes de sciences du sol (humidités remarquables dans le sol comme le point de flétrissement permanent), ou partagés par ces deux communautés (par exemple la réserve utile) y sont exposés et commentés par des spécialistes de ces disciplines (en particulier Bouchet, Hallaire, et Turc). Ils circulent largement d'un article et d'une discipline à l'autre, et sont aussi appropriés par les agronomes comme Robelin et Hugué, qui en élargissent la portée en les utilisant pour comprendre et raisonner l'alimentation hydrique des cultures, dans une perspective d'amélioration de la production végétale. Ils cherchent notamment à établir des relations entre la production de matière sèche d'une part et le rapport entre évapotranspiration réelle et évapotranspiration maximale d'autre part – comme le fait aussi à la même époque Talineau (1970) en Côte d'Ivoire. La perspective d'usage des concepts est différente, mais ils sont largement partagés entre les disciplines. On peut d'ailleurs appréhender la sortie de ces concepts du champ de la recherche vers celui de l'usage sur le terrain, comme en témoigne leur présence assez abondante dans les années 1960 dans des articles du *Bulletin technique d'information* du ministère français de l'Agriculture, périodique à destination des ingénieurs des services agricoles chargés jusqu'au début des années 1960 de l'appui au développement de l'agriculture dans les départements. Quatre à cinq décennies plus tard, les concepts utilisés ont évolué, mais ce sont les mêmes collaborations pluridisciplinaires qui prévalent dans des travaux de modélisation dits « sol-végétation-atmosphère », conçus avec des finalités différentes (en particulier en relation avec des enjeux environnementaux), et dans les modèles de culture, notamment le modèle Stics produit à l'Inra (« Simulateur multidisciplinaire pour les cultures standard », qui modélise, à l'échelle de la parcelle, le développement d'une culture ou d'une succession culturale en fonction du climat, des caractéristiques du sol et des pratiques).

Depuis 1970, qualifier le fonctionnement du peuplement végétal

C'est sans doute lorsque l'agronomie s'est attachée, dans les années 1970, à mieux comprendre le fonctionnement du système climat-sol-plante sous l'effet des pratiques en investissant davantage le végétal, que l'on a le plus assisté à des mélanges importants entre assimilation de concepts extérieurs et création de concepts propres. L'ensemble est d'autant plus complexe à démêler que plusieurs orientations de caractérisation du fonctionnement du peuplement se sont successivement faites jour. À la base de ces constructions conceptuelles figure néanmoins un emprunt commun, et d'ailleurs approximatif, sous la forme du concept de « peuplement ». En écologie en effet, le peuplement désigne généralement un ensemble d'individus d'espèces différentes, au fonctionnement écologique apparenté, partageant un habitat. Pour une parcelle agricole, le terme de peuplement devrait donc s'appliquer à la formation végétale de la parcelle, c'est-à-dire à l'ensemble constitué de la ou des espèces cultivées et des adventices. Il a cependant davantage été utilisé et de manière très commune en agronomie pour évoquer la population de la seule espèce cultivée sur la parcelle (reléguant les autres espèces dans le « milieu »), en particulier dans l'expression « fonctionnement du peuplement végétal ». Sur cette base, trois orientations d'évolution peuvent être schématiquement distinguées, que nous qualifierons de manière simplificatrice de « diagnostique », d'« écologique » et de « fonctionnaliste ». Si elles partagent un certain nombre de concepts, comme ceux de croissance et de développement des plantes, elles sont fondées sur des visions du couvert et des finalités cognitives différentes, qui se sont parfois entrechoquées et parfois mutuellement enrichies.

L'orientation « diagnostique » est contemporaine de l'investigation massive par l'agronomie des situations agricoles. Il s'agit de se donner les moyens de comprendre « ce qui se passe » dans un champ d'agriculteur. Les concepts de la physiologie végétale semblent alors utiles, en particulier pour tout ce qui concerne l'organogenèse, mais notablement insuffisants. Les concepts de facteurs et conditions de la croissance, déjà présents chez Demolon (et d'origine anglo-saxonne), sont réemployés, mais il est nécessaire de disposer d'une conceptualisation de la manière dont la biomasse totale formée engendre la production et la croissance des organes, et *in fine* leur traduction en rendement de la culture constitué par les organes récoltés. À cet usage apparaît le concept d'« élaboration du rendement », puis ceux dérivés de « schéma d'élaboration du rendement » (sans doute inspiré des schémas produits par les sélectionneurs, comme celui de Bingham, 1969, que Sebillotte reproduit dans son polycopié de 1978), de « structure du peuplement » pour caractériser la diversité des états phénologiques au sein d'un peuplement et comprendre l'origine de cette diversité, et de « composante du rendement » (encadré 1.4).

Parallèlement se développe une autre approche du peuplement végétal. Les écologues travaillant sur tout type de peuplement végétal et les agronomes travaillant sur les populations d'une espèce cultivée partagent une seule et même problématique, tout au moins tant que les agronomes s'intéressent à la seule production de biomasse totale, ou à certains des mécanismes génériques de croissance et de développement. Dans une approche « écologique » du fonctionnement du peuplement végétal en agronomie, de nombreux concepts sont ainsi partagés avec l'écologie fonctionnelle, relatifs notamment à la production de cette biomasse (interception du rayonnement lumineux, indice foliaire, vitesse de croissance relative, allocation des assimilats, conductance stomatique, somme de température, etc.) ou relatifs au lien entre le fonctionnement du végétal et le milieu (facteur limitant de la croissance par exemple). Est-ce donc l'écologie fonctionnelle qui a inspiré l'agronomie dans cette orientation ?

Encadré 1.4. Les schémas d'élaboration du rendement

Un schéma d'élaboration du rendement rend compte des relations entre les composantes du rendement, mais aussi des relations entre les états du milieu et ces composantes, ainsi qu'entre les pratiques agricoles et ces états du milieu. Il peut être élaboré de manière théorique, sur la base de connaissances scientifiques génériques, mais peut aussi servir à représenter des situations agricoles particulières. Cette manière d'aborder le fonctionnement du peuplement représente souvent une grande puissance diagnostique à la fois pour interpréter des résultats d'essai et pour identifier l'origine de problèmes de production. Un des premiers exemples de cette approche conceptuelle est donné par les travaux de Milleville, agronome de l'Orstom à l'époque en poste au Sénégal. Ses travaux sur l'arachide sont relatés notamment dans l'article de 1974 des *Cahiers de l'Orstom, série Biologie*, intitulé « Enquête sur les facteurs de la production arachidière dans trois terroirs de moyenne Casamance ». Il s'agit sans doute là sinon du premier travail de diagnostic agronomique régional – Manichon et Sebillotte notamment avaient produit « Étude de la monoculture du maïs. Résultats d'une enquête agronomique dans les régions de Garlin et de Navarrenx (Pyrénées-Atlantiques) » sous forme d'un rapport en 1973 –, du moins d'un des premiers travaux de ce type, et d'un des premiers schémas d'élaboration

Encadré 1.4. Les schémas d'élaboration du rendement (suite)

du rendement publiés (figure 1.4). Les concepts permettant l'analyse de la production sont génériques, mais les lois de fonctionnement dont ils permettent de rendre compte sont dépendantes des caractéristiques de chacune des espèces, ou groupes d'espèces, ce qui amène à une accumulation de travaux spécifiques par culture. Par ailleurs, ils sont au départ mis à l'épreuve sur des cultures annuelles productrices de grains, et leur usage s'est révélé peu adapté à d'autres types d'espèces annuelles, ou à des cultures pérennes. Ce n'est que dans les années 1990 et 2000, en particulier dans les unités de l'Inra d'Avignon et de Montpellier, que des adaptations de ces concepts aux cultures pérennes ont été forgées.

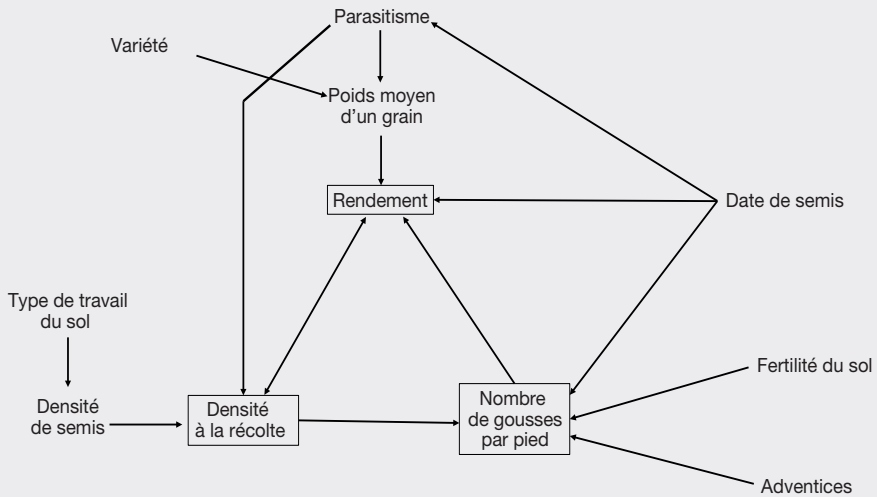


Figure 1.4. Schéma d'élaboration du rendement de l'arachide (Milleville, 1974).

Curieusement, il ne semble pas que ce soit le cas, les deux disciplines ayant cheminé en parallèle entre 1970 et 1990 environ, sans trop se rencontrer. En agronomie, ce sont ainsi plutôt les travaux menés avec les bioclimatologistes (Gosse, Bonhomme, Durand) qu'avec les écologues qui ont été à la source des avancées conceptuelles dans lesquelles le peuplement est représenté par une surface d'échange avec le milieu environnant, cette approche étant d'ailleurs partagée de manière contemporaine à l'étranger avec les travaux notamment de Monteith en Grande-Bretagne, et de de Wit aux Pays-Bas. Des prolongements plus spécifiques à l'agronomie se sont ensuite produits, notamment en ce qui concerne les rapports entre croissance du peuplement et alimentation minérale, qui peuvent être illustrés par le concept de « courbe de dilution critique de l'azote », permettant de caractériser l'évolution de la teneur en azote d'un peuplement végétatif en croissance, et de l'utiliser pour diagnostiquer des états de carence. Ce concept relève d'une orientation « écologique » de l'approche du fonctionnement du peuplement végétal, mais il a un usage pour le diagnostic agronomique – ce qui montre bien l'entremêlement des orientations déjà mentionné ci-dessus. L'encadré 1.5 illustre la manière dont il a permis une évolution de la fertilisation azotée des cultures. Depuis quarante ans, ces approches du fonctionnement du couvert ont été appliquées à une très grande diversité d'espèces ; les fronts actuels de production de connaissances sont

issus des travaux de compréhension de nouveaux systèmes, notamment ceux intégrant des mélanges d'espèces ou de variétés, pour lesquels des concepts comme celui de l'allocation des ressources entre espèces sont mobilisés.

Encadré 1.5. Un changement de paradigme nécessaire pour étudier la nutrition et la fertilisation minérale des cultures

Gilles Lemaire

La fertilisation minérale des cultures s'est historiquement développée selon le paradigme de la réponse du rendement des cultures à des apports croissants d'éléments fertilisants. L'approche physico-chimique a analysé les facteurs du sol déterminant la disponibilité des différents éléments pour la plante selon le schéma de la figure 1.1, cette disponibilité étant alors considérée comme une variable externe à la plante. La disponibilité des éléments à forte interaction avec la matrice du sol (comme P et K) était estimée au moyen d'analyses de sol (diagnostic), et la détermination empirique de valeurs seuils (pronostic). Pour les éléments peu interactifs avec la matrice du sol (comme N), une approche de bilan estimatif entre la minéralisation nette des matières organiques du sol et les pertes d'azote sur une période de culture (Machet *et al.*, 2017) permet de pronostiquer la fourniture potentielle de N par le sol à la culture. La capacité prédictive de cette approche pour les différentes cultures reste encore aujourd'hui relativement limitée (Valkama *et al.*, 2011). Face à cette incertitude du pronostic, les agriculteurs, compte tenu de leur aversion au risque de sous-fertilisation, ont appliqué plus d'engrais que strictement nécessaire, cet excès engendrant les impacts environnementaux que l'on sait.

Les connaissances acquises progressivement au cours du demi-siècle passé en écophysiologie et en biologie des sols ont permis de reconsidérer le paradigme initial sur trois aspects principaux (Briat *et al.*, 2020) :

- la plante elle-même est un acteur important de la disponibilité des éléments, puisqu'elle régule sa propre capacité d'absorption racinaire en fonction de sa propre capacité de croissance ;
- le microbiome du sol agit lui-même en interaction avec la plante sur la disponibilité des éléments ;
- la disponibilité de chaque élément dépend fortement de la disponibilité des autres éléments et implique donc une approche stœchiométrique.

Ainsi, le paradigme fondé sur une approche linéaire, considérant la disponibilité de chacun des éléments séparément comme un facteur externe à la plante, doit être reconsidéré. La disponibilité des éléments nutritifs devient alors une propriété émergente du système et ne peut plus être prédite par les seuls facteurs physico-chimiques du sol (figure 1.5).

Face à cette complexité systémique, un diagnostic *in situ* de l'état de nutrition minérale de la culture apparaît comme une alternative à l'incertitude de l'approche pronostique. Les courbes critiques de dilution de l'azote (Lemaire *et al.*, 2008), étendues à P et K (Salette et Huché, 1991; Duru et Thélier, 1997; Lemaire *et al.*, 2019b), fournissent un outil de diagnostic conjoint de nutrition N-P-K qui reflète le niveau de disponibilité des éléments nutritifs au sein du système sol-plante-microbiome. On peut alors renverser totalement le paradigme initial : d'une réponse de la culture à des apports croissants d'éléments nutritifs pour laquelle il est difficile de trouver un invariant, on passe à l'analyse d'une réponse à des niveaux de déficit nutritionnel

Encadré 1.5. Un changement de paradigme nécessaire pour étudier la nutrition et la fertilisation minérale des cultures (suite)

croissants qui possède une valeur générique plus élevée. De plus, le diagnostic nutritionnel N de la culture réalisé informe sur la « disponibilité » de N au sein du système sol-plante-microbiome et renseigne donc aussi sur le niveau des risques environnementaux encourus (figure 1.6). Ainsi, un même diagnostic doit permettre de gérer par une fertilisation appropriée les compromis entre optimisation des rendements et risques environnementaux.

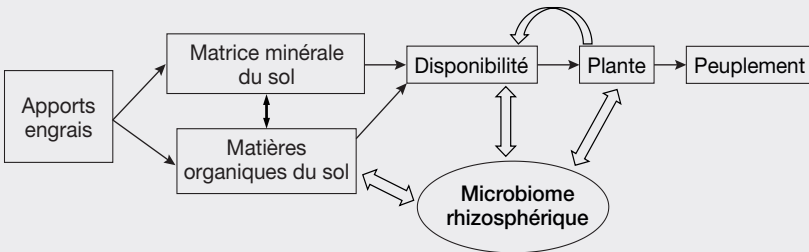


Figure 1.5. La disponibilité des éléments nutritifs comme propriété émergente.

Flèches simples : approche linéaire de la réponse du rendement des cultures aux apports d'engrais considérant la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol comme un facteur externe à la plante, uniquement déterminée par les apports d'engrais et leur interaction avec la matrice solide du sol. En gras et flèches doubles : explicitation des interactions et rétroactions de la plante et du microbiote rhizosphérique sur la disponibilité des éléments nutritifs, qui doit alors être considérée comme une propriété émergente du système.

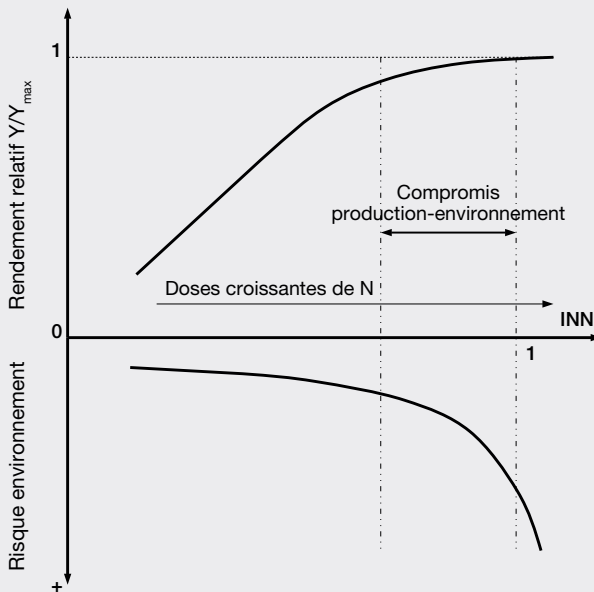


Figure 1.6. Réponse d'une culture au niveau de satisfaction de ses besoins en azote estimé par l'indice de nutrition en azote (INN), qui représente le niveau de disponibilité de l'azote dans le système sol-plante-microbiome, et peut donc être mis en relation avec les risques de fuites d'azote dans l'environnement.

L'orientation « fonctionnaliste » enfin est la plus récente, celle qui s'éloigne le plus du centre de gravité de l'agronomie, et rejoint davantage la physiologie végétale et la génétique, avec lesquelles elle dialogue constamment et qui permet à la discipline de nouer des liens. Elle prend racine dans des questions agronomiques qui correspondent souvent à des constats de fonctionnement suboptimal du couvert : manque à la levée, stress hydrique ou nutritionnel générateur de pertes de rendement ou de qualité, perturbation du fonctionnement trophique ou perte d'organes liée à des attaques parasitaires, etc. Issue de travaux à l'échelle de la plante ou du couvert qui font le lien avec l'approche « diagnostique »⁹, cette approche fonctionnaliste investit des niveaux d'organisation (l'organe, la plante entière, un ensemble d'organes impliqués dans une fonction) qui sont souvent intermédiaires entre l'échelle de la population et celle des mécanismes cellulaires ou moléculaires. Elle a recours de manière importante à la modélisation, mobilisant en particulier les modèles rendant compte des relations entre structure et fonction. Depuis les années 1990, les travaux menés et pilotés par Tardieu sur l'alimentation hydrique et les effets des hautes températures constituent une illustration majeure de cette ligne de recherche ; l'article de Tardieu *et al.* (2017) explicite de manière synthétique les interactions disciplinaires générant une plus-value dans la production de connaissances sur la réaction des cultures, en l'occurrence aux conditions de sécheresse. Sans perdre de vue la finalité agronomique (en particulier par le choix des questions, des variables d'intérêt, et le retour final vers l'échelle du couvert), cette écophysologie mobilise les concepts (et les outils) de la physiologie végétale et de la génétique, par exemple architecture, contrôle métabolique, signalisation hormonale ou encore phénotype ; plus tous ceux qui sont liés à une thématique, par exemple pour l'alimentation hydrique les concepts de pression osmotique, d'ouverture stomatique, de demande évaporative, etc. Ces travaux sont menés sur toute une gamme de plantes d'intérêt agricole (annuelles ou pérennes, en C3 ou C4, tropicales ou tempérées, légumineuses ou non), tout en ne négligeant pas ce que les travaux sur des plantes modèles (comme *Arabidopsis thaliana* ou *Medicago truncatula*) peuvent apporter comme connaissances sur des processus élémentaires, en jouant notamment sur la capacité à mobiliser la diversité génétique existant chez ces espèces. La portée concrète en agronomie de cette orientation (également fructueuse pour l'amélioration des plantes) s'est traduite de manière plus ou moins affirmée selon les espèces et les mécanismes étudiés, à travers la production d'outils de diagnostic de l'état des couverts (par exemple sur l'état hydrique) ou la contribution à la construction d'itinéraires techniques (par exemple la taille des arbres fruitiers permettant d'améliorer la charge en fruits tout en limitant les risques sanitaires, voir Lauri, 2007).

Des emprunts discrets puis plus sensibles à l'écologie

Pour finir ce bref et partiel tour d'horizon des concepts de l'agronomie pour caractériser le fonctionnement de l'agroécosystème, il faut revenir aux affinités avec l'écologie. Si l'agronomie et l'écologie fonctionnelle ont utilisé de manière non fortuite, mais non délibérée les mêmes concepts pour caractériser le fonctionnement du peuplement végétal (voir l'approche « écologique » ci-dessus), il existe bien en revanche un apport conceptuel manifeste à l'agronomie de cette autre branche de l'écologie qu'est l'écologie

9. Voir notamment les travaux de Wery (1996) et de Crozat (2000) sur légumineuses, synthétisés dans leurs mémoires d'habilitation à diriger des recherches.

des communautés. C'est d'abord par l'objet « prairie » que le partage s'est effectué : la prairie des agronomes, qu'elle soit naturelle ou semée, est un mélange d'espèces, cultivé mais peu anthropisé, et dont la production de biomasse totale est une variable d'intérêt. C'est donc un objet très proche de l'objet que sont les couverts naturels des écologues, et les deux communautés, impliquées dans des projets communs, partagent des questionnements, des méthodes et des concepts. C'est ainsi que, faisant suite au concept de « composition floristique », le concept de « trait » d'espèce des écologues est parvenu pour la première fois en agronomie, pour aider à caractériser le fonctionnement d'une communauté prairiale (Duru *et al.*, 2004). Plus tard, cette inspiration écologique est venue aussi fertiliser les approches plus génériques du fonctionnement des peuplements cultivés, comme en attestent l'intitulé et le contenu du chapitre 5 par Bancal *et al.* dans *L'Agronomie aujourd'hui* en 2006 : « La parcelle, lieu d'interactions entre différentes populations » – rendant au passage au terme « peuplement » son sens écologique originel.

De manière plus large, le recours aux concepts de l'écologie des communautés – et de l'écologie des paysages – s'est étendu rapidement dans les années 2000 à travers des collaborations plus intenses entre écologues et agronomes, au moment du changement de représentation évoqué ci-dessus (voir par exemple Malézieux *et al.*, 2009; Médiène *et al.*, 2011; Duru *et al.*, 2015a; Gaba *et al.*, 2014; 2015). De nombreux concepts, à commencer par ceux de biodiversité et d'écosystème, mais aussi entre autres de niche écologique, d'habitat, de synergisme, de facilitation, d'avantage sélectif, sont venus enrichir la « boîte à outils » conceptuelle utilisée par les agronomes. On retrouve finalement globalement l'ensemble de ce qui figure dans le livre de L. Jackson *Ecology in Agriculture*, publié dès 1997, la dynamique de collaboration entre écologie et agronomie ayant été différente aux États-Unis. On notera avec intérêt que cette même L. Jackson fut présente au 10^e Congrès de la Société européenne d'agronomie en 2010 à Montpellier pour une conférence invitée, dans une session entière consacrée à l'« intensification écologique des systèmes de culture », ce qui traduit aussi de manière symbolique cette acculturation de l'agronomie à l'écologie et à ses concepts. Il est toutefois encore malaisé de distinguer aujourd'hui s'il ne s'agit pour les agronomes que d'une capacité à se mouvoir dans un nouvel univers conceptuel, ou s'il y a un vrai usage de tous les concepts écologiques précités pour renouveler la manière de traiter les questions de protection des cultures, de systèmes de culture complexes, ou encore celles de services rendus par les « ingénieurs de l'écosystème » – les effets des lombrics sur la structure et la dynamique de la matière organique des sols étant pour ces derniers emblématiques.

Enfin, le concept de « service écosystémique » a lui aussi été approprié par l'agronomie à partir du milieu des années 2000 (voir notamment le travail interdisciplinaire impliquant des agronomes dans Lescourret *et al.*, 2015a). Cet emprunt ne fait qu'illustrer une appropriation plus large et antérieure, celle du renversement notoire des relations de l'agriculture avec la société, déjà initié dans les années 1990 avec l'émergence de la notion de multifonctionnalité de l'agriculture : il s'agit de prendre au sérieux le fait que l'agriculture ne produit pas que des denrées, mais aussi des services, notamment des services environnementaux – dont par exemple le stockage de carbone. Pour l'agronomie, cette appropriation rend nécessaires à la fois l'analyse de nouveaux processus et l'invention d'indicateurs appropriés pour évaluer la manière dont ces services sont rendus par les pratiques des agriculteurs.

Pour traiter de l'action en agronomie, un besoin de rupture conceptuelle

Si l'agronomie s'est distinguée d'autres disciplines partageant tout ou partie du même objet qu'est l'agroécosystème en réutilisant ou en transformant certains concepts qu'elle leur empruntait, c'est bien dans son autre champ d'investigation et d'intervention, le raisonnement des actions en agriculture, qu'elle s'est le plus singularisée. Les deux décennies centrales en matière de conceptualisation dans ce champ de l'agronomie sont les années 1970 à 1990. Mais les périodes précédant et suivant ces vingt années ne sont pas vierges en la matière. Ainsi, de manière synthétique, et en acceptant toujours des recouvrements entre périodes, on peut distinguer trois temps :

- le temps de la « reconceptualisation », à partir de concepts anciens qui sont revisités lorsque l'agronomie sort du laboratoire, puis de la parcelle expérimentale, et fait des situations agricoles un objet d'analyse ;
- le temps de la rupture, au cours de laquelle les concepts les plus spécifiques de l'agronomie à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation agricole sont mis en place et commencent à être utilisés (les décennies 1970 et 1980 en particulier) ;
- le temps de l'élargissement, postérieur à 1990, au cours duquel des concepts relatifs au raisonnement de l'action à des niveaux d'organisation supérieurs à la parcelle et à l'exploitation agricole sont à leur tour proposés et utilisés, suivant en cela l'élargissement des objets de l'agronomie évoqué ci-dessus.

Parce qu'elle est centrale pour la compréhension de ce qu'est l'agronomie, nous commencerons par la période qualifiée de « rupture », avant d'aborder celles qui l'ont précédée et suivie.

Itinéraire technique, système de culture, modèle d'action

Pour caractériser l'invention de concepts à laquelle les agronomes ont procédé pour traiter de l'action en agriculture, il pourrait suffire de se référer à l'un d'entre eux : celui d'itinéraire technique. En devenant d'usage courant, ce dernier s'est assez peu galvaudé, et conserve le plus souvent dans ses emplois multiples ses intentions originales, à savoir permettre d'appréhender les différentes facettes de la conduite d'une culture, plus ou moins étalées dans le temps, comme un tout, finalisé par des objectifs. Cette notion met l'accent sur une approche systémique de l'action de l'agriculteur, couplée à une vision évolutive des « états du milieu » caractérisant le champ cultivé : c'est la connaissance des relations entre le sol (caractérisé par ses propriétés) et les techniques sous un climat donné qui permet d'envisager plusieurs choix de conduite technique en fonction non seulement du contexte physique, mais aussi des moyens techniques disponibles et des finalités poursuivies, se traduisant en états du milieu à atteindre. La force épistémique du concept d'itinéraire technique tient peut-être au fond à ce qu'à ce moment de l'histoire il fait le lien entre deux points de vue de l'agronome, qu'il les intègre dans une approche unique :

- le point de vue sur le fonctionnement du champ cultivé, selon lequel il n'existe pas de liaison robuste entre une technique et le résultat final du processus de culture (c'est la fameuse négation de la relation causale directe technique → rendement), mais que le lien entre les pratiques et le résultat est la résultante de processus complexes, impliquant une succession d'états du milieu et du peuplement végétal, non déterminés à l'avance ;

– le point de vue sur l'action de l'agriculteur, selon lequel il existe une logique aux pratiques mises en œuvre, un raisonnement des pratiques, qui les lie entre elles et leur donne un certain degré de cohérence.

Le cœur de ce qui fait dans les années 1970 l'« évolution de la pensée agronomique » française (selon les termes de l'article de Sebillotte de 1978b) se trouve dans ce binôme articulant connaissance sur les processus et connaissance sur l'action, et autorisant la double dimension scientifique et ingénierique de cette agronomie.

On ne peut évoquer le concept d'itinéraire technique sans faire référence à celui de système de culture. Ce dernier ne relève pas d'une invention en termes de vocabulaire, puisque son emploi remonte à plusieurs siècles. L'expression a d'ailleurs été utilisée dès le début de la période couverte par cet ouvrage, avec des significations hésitantes (encadré 1.6), phénomène qui peut être encore aujourd'hui à l'origine d'incompréhensions quant à sa portée. Entre itinéraire technique et système de culture existe un apparentement, voire même une homothétie, les intentions des deux concepts étant similaires, mais appliquées à deux niveaux d'organisation différents. Là où l'itinéraire technique s'attache à décrire – et si possible comprendre – les actes techniques pour une culture, le système de culture décrit les actions de l'agriculteur à une échelle pluriannuelle. Ce faisant, ce dernier incorpore ce qui était contenu dans le concept de rotation, en l'enrichissant de manière considérable :

- en faisant du choix des cultures qui se suivent sur une parcelle une décision qui peut être remise en cause annuellement (au contraire du choix d'une rotation, où les cultures et leur ordre sont fixés) ;
- en mettant en exergue les liens existant entre choix des cultures et choix des itinéraires techniques qui leur sont appliqués ;
- enfin en définissant le système de culture non pas à l'échelle d'une parcelle, mais à l'échelle d'un ensemble de parcelles traitées de manière homogène, introduisant ainsi l'idée d'un « objet » de gestion pour l'agriculteur intermédiaire entre la parcelle et l'exploitation agricole dans son ensemble (rôle que joue aussi la sole, mais à l'échelle d'une année culturale seulement).

Comme l'itinéraire technique, le système de culture sert à décrire et à comprendre l'action, avec un usage partagé du concept de « règle de décision ». Comme lui, il valorise la connaissance qu'ont les agronomes des interactions existantes entre dimensions physiques, chimiques et biologiques du champ cultivé, mais aussi entre les actes techniques, qui dans le raisonnement de l'agriculteur font, au moins en partie, système. Par le truchement de ce double système d'interactions elles-mêmes connectées (car le système d'action joue sur le système biophysique d'interactions, et réciproquement), le système de culture a été et reste, comme l'itinéraire technique, un concept à l'interface entre les deux grands champs de l'agronomie.

On n'insistera pas sur les autres concepts inventés nés de la même vision, qui sont en quelque sorte dérivés des précédents et ont pour fonction de renforcer l'outillage de l'agronomie pour traiter de la gestion de l'articulation entre deux cultures successives (« effet précédent » et « sensibilité du suivant »), et pour réfléchir le temps long des successions culturales (« état moyen » et « effet cumulatif »). Leur postérité est moindre, peut-être en raison d'une moindre accessibilité à l'intuition, et d'une préoccupation plus faible lors de leur émergence quant aux enjeux auxquels ils s'adressent : dans une période d'artificialisation forte de l'agriculture, qui s'intéressait vraiment

aux effets fins d'une culture sur la suivante et aux effets à long terme, puisque l'artificialisation donne le sentiment qu'elle permet de gommer ces effets ?

Encadré 1.6. Les multiples définitions du système de culture chez les agronomes

Le terme de « système de culture », qui renvoie à un concept central pour les agronomes français, a pris au cours des XVIII^e et XIX^e siècles deux sens différents, comme le note Papy (2008). Duhamel du Monceau, en 1762, l'emploie pour désigner un système d'actions appliquées au champ, successions culturales et d'espèces cultivées, raisonnées en fonction d'objectifs (par exemple la destruction des herbes, l'espérance de la meilleure récolte possible) et de conditions (par exemple le ressuyage de la terre). La succession des espèces revient en cycles. En 1783, Rozier parle ainsi de systèmes de culture attribués à différents auteurs, en expliquant comment ils résultent des représentations théoriques que ces auteurs se font du champ cultivé. C'est toujours le même concept que l'allemand Thaer utilise au début du XIX^e siècle pour quantifier l'évolution de la fertilité du sol sous l'effet d'une rotation de cultures. Mais en 1849, de Gasparin donne un tout autre sens à ce terme : c'est « le mode dans lequel les forces naturelles ou artificielles, les unes sans les autres, ou les unes et les autres, se manifestent, se distribuent aux plantes ». Ainsi caractérise-t-il le système de culture par une combinaison de moyens de production comme les engrais ou la force de travail appliquée. Ce sens va perdurer au début du XX^e siècle, mais être peu utilisé. Puis un sens plus proche de celui du XVIII^e siècle va réapparaître après la Seconde Guerre mondiale, se stabilisant après plusieurs tâtonnements. Ainsi en 1969, dans la seconde édition du *Profil cultural*, Hénin *et al.* écrivent encore « le système de culture est le mode de combinaison des facteurs qui assurent la production agricole », formule plutôt absconse sans connaissance des considérations théoriques de Hénin sur les facteurs et les conditions de la croissance des végétaux. Mais les développements qui suivent la définition éclairent : ce sont surtout les questions de raisonnement des successions culturales qui caractérisent le choix des systèmes de culture. C'est aussi cette dimension qui est mise en avant dans l'article « Système de culture » de l'*Encyclopedia universalis* par Sebillotte en 1968, sans qu'une définition précise du système de culture (ou « système de cultures » selon les occurrences) soit donnée. On ne trouve pas plus de définition dans l'article de Sebillotte des *Cahiers de l'Orstom* de 1974, et l'accent est toujours mis sur la succession des cultures et sur la dimension systémique des actions. La définition usuelle pour les agronomes, « C'est un sous-ensemble du système de production. Il est défini, pour une surface de terrain traitée de manière homogène, par : les cultures végétales avec leur ordre de succession (rotations) ; les techniques mises en œuvre », apparaît au milieu des années 1970, mais il n'y a pas de trace éditoriale de cette définition issue du « groupe système de culture Inra-INA » – la traduction anglaise lors du Congrès de la société européenne d'agronomie de 1990 n'ayant pas amélioré la capacité de citation. Le concept a donc été pendant un temps instable, puis peu facile à référencer, et peu facile à exporter, car il n'y a pas vraiment d'équivalent en anglais. Les agronomes utilisent en effet l'expression *cropping system*, mais elle ne comporte pas, ou que rarement, cette notion que l'on « sent » en français au-delà de la définition formelle, et qui prend sans doute ses racines dans l'histoire du concept : le système de culture, c'est fondamentalement la manière de cultiver, et renvoie donc à des choix techniques ; et c'est un système, donc l'énoncé de ses constituants n'épuise pas ses propriétés, qui reposent sur les interactions. Ce sens est maintenant solidement ancré chez les agronomes francophones.

En revanche, bien qu'il ne soit pas forcément plus connu, un autre concept inventé et très lié à celui d'itinéraire technique mérite une attention, c'est celui de « modèle d'action ». Apparu à la fin des années 1980, il résulte de la volonté des agronomes d'aller plus loin dans la compréhension de la décision des agriculteurs, afin d'appuyer de manière opérationnelle cette décision. C'est à la collaboration avec des disciplines des sciences sociales, auxquelles sont empruntées à cette occasion les méthodes d'observation et de formalisation comme on le verra dans le chapitre 4, que ce concept est dû. Les travaux génératifs, menés dans le Noyonnais par une équipe pluridisciplinaire du département SAD de l'Inra, sont relatés dans l'ouvrage *Fertilité et systèmes de production* (1989). Des variantes du concept ont existé, à la fois du point de vue du vocabulaire – modèle général de la conduite d'une culture, modèle pour l'action, modèle d'action – et du point de vue du contenu, selon les points de vue adoptés pour décrire les mécanismes de prise de décision : davantage apparentés à la gestion, avec une dimension planificatrice forte (Sebillotte et Soler, 1988b), ou influencés par la psychologie cognitive, avec un accent mis sur la capacité adaptative des agriculteurs (Cerf et Sebillotte, 1988). Nonobstant ces nuances, ce que matérialise le concept de modèle d'action, c'est la nécessité de disposer d'une représentation de la décision des agriculteurs sur une base empirique, issue de l'observation de leurs pratiques et de la discussion avec eux de la signification de ces pratiques. C'est ce qui permet *in fine* à l'agronome de passer d'un raisonnement des techniques fondé sur ce qui paraît sensé de l'extérieur de l'exploitation, à un raisonnement des techniques qui intègre la rationalité des agriculteurs, comme l'illustre le modèle général selon Cerf et Sebillotte (1988), qui le définissent par :

- des objectifs culturels à atteindre à une période déterminée de l'année (ce sont bien les objectifs de l'agriculteur) ;
- une organisation du chantier de travail à la parcelle ;
- des règles de fonctionnement et des indicateurs d'états du milieu permettant l'atteinte des objectifs sur l'ensemble de la sole, et fixant le niveau des risques acceptés face aux aléas climatiques dans le champ des situations envisagées (niveaux définis par l'agriculteur lui-même).

Il ne faudrait pas chercher la portée de ce concept dans les travaux menés pour décrire les modèles d'action de différents types d'agriculteurs – ils sont sans doute formellement peu nombreux. En revanche, ce concept est le marqueur d'un tournant dans la façon dont les agronomes produisent des références pour l'action. C'est en effet à partir des années 1990 que le concept de « règle de décision » s'impose dans la formalisation par les agronomes de références relatives aux techniques, aux itinéraires techniques et aux systèmes de culture, et que les modèles et outils d'aide à la décision fleurissent. Au-delà, des traces de l'influence de ce concept sont également perceptibles dans l'évolution des méthodes de conception d'itinéraires techniques et de systèmes de culture ainsi que d'accompagnement des agriculteurs dans le conseil, qui seront évoquées dans le chapitre 2 : la coconception de systèmes avec les agriculteurs (qui reconnaît aux agriculteurs non seulement des connaissances à valoriser, mais aussi une rationalité propre à prendre en compte) ou encore le conseil participatif en sont les directs héritiers.

Avant 1970, des « reconceptualisations »

Dès avant la rupture évoquée à la section précédente, l'analyse de situations agricoles est une sorte de préparation à son avènement. Cette sortie du laboratoire nécessite d'abord

de comprendre ce qui se passe chez les agriculteurs en matière de fonctionnement de l'agroécosystème. Cela va déboucher sur le diagnostic agronomique en parcelles agricoles, avec des travaux qui se multiplient dans l'Hexagone ainsi qu'en Afrique par les chercheurs agronomes de l'Orstom. On peut citer ainsi cette phrase d'un article de Leteuil (agronome alors en poste à Madagascar) en 1968 : « La mise en évidence de différences de rendement expliquées devient féconde dès lors que les contraintes de milieu et de structure ne jouent plus ; c'est alors que l'homme et sa technique en sont responsables. » Les contraintes du milieu s'entendent ici comme les caractéristiques du milieu inaccessibles aux transformations par l'homme (par exemple la pluviométrie, les caractéristiques pédologiques), et l'auteur suggère ainsi d'aller au-delà de cartographies liant milieu et rendement, pour donner toute sa place, dans la détermination des rendements, aux états du milieu générés par les techniques des agriculteurs.

Il n'y a alors plus qu'un pas pour aller vers la compréhension de ce que sont ces techniques. Certes, l'agriculteur n'était pas absent des préoccupations de l'agronomie : il était le destinataire final que les agronomes chercheurs et les agronomes chargés de la vulgarisation visaient, quand ils produisaient ou transféraient des connaissances. Et la préoccupation de production d'un corpus de recommandations pour les agriculteurs était bien présente, en particulier en matière de fertilisation – comme en matière de choix variétal ou de protection des cultures dans d'autres disciplines. Les ouvrages entre autres de Soltner et de Moule constituent, des années 1970 aux années 1990, des sommes de ces corpus. Mais ce qui émerge alors quand l'agronomie va plus résolument vers les agriculteurs, c'est le besoin d'être capable de décrire ce qu'ils font. D'autres disciplines, en particulier de sciences humaines (sociologie, anthropologie en particulier), partagent à l'époque ce nouvel objet que sont les pratiques des agriculteurs, mais leur influence à cette période sur l'agronomie n'est pas très sensible. Les premiers efforts de conceptualisation en agronomie des situations agricoles semblent ainsi relever de la simple « reconceptualisation » : on entend par là donner un sens agronomique nouveau, ou plus précis, à un concept banalisé, parce que le besoin s'en fait sentir pour décrire l'action. Deux exemples nous semblent à cet égard significatifs.

Le premier concerne le terme « parcelle » et la manière dont l'agronomie l'a réinvesti au début des années 1970, en éprouvant ce qu'il pouvait représenter conceptuellement. La meilleure illustration de cet investissement est sans doute le travail de Milleville au Sénégal, dans lequel il teste l'usage du concept de parcelle dans un tout autre contexte physique et socio-économique que celui qui prévaut en France, travail dont il est rendu compte dans l'article « Approche agronomique de la notion de parcelle en milieu traditionnel africain : la parcelle d'arachide en moyenne-Casamance » (1972). Saisissons au passage cette occasion de souligner d'une part la connivence qui existait entre agronomes francophones travaillant sur différents continents, et d'autre part l'usage qu'ils faisaient de cette diversité de milieux, à travers une citation éloquente issue de cet article : « Toute science doit définir ses concepts, puis en tester l'extensivité, ces concepts ayant initialement été définis dans un contexte particulier. Nous nous proposons dans cette note d'analyser quelle est, dans une zone du Sénégal, la signification agronomique du concept de "parcelle de culture", en la comparant au sens qu'on lui attribue habituellement dans l'agriculture européenne. » Dans cet article, Milleville pointe notamment l'impact double de l'hétérogénéité du milieu et de la

structure de l'exploitation sur l'étalement des opérations culturales dans la parcelle, et note ainsi que « la notion de parcelle de culture se révélait beaucoup plus difficile à cerner », par contraste avec la parcelle agricole dans les agricultures plus mécanisées. Cette dernière, qui n'est pas forcément une parcelle cadastrale, nomme ce qui peut faire l'objet par l'agronomie d'une description aisée car homogène en matière de pratiques. Deffontaines en 1991, explorant comment cette notion peut servir de passerelle entre l'agronomie et d'autres disciplines, la qualifie de « portion continue de territoire qui porte la même culture, ou a une même utilisation, et qui a fait l'objet de la même succession d'interventions », qui est le sens donné par les agronomes au concept depuis les années 1970.

L'agronomie a également opéré une reconceptualisation de l'exploitation agricole. Comme évoqué ci-dessus, elle en a fait un objet en soi à partir des années 1970, contribuant aux approches pluridisciplinaires du département SAD de l'Inra. Comme également déjà évoqué dans les sections précédentes, dès les années 1960 les agronomes avaient dialogué avec les économistes sur des questions se posant à l'échelle de l'exploitation agricole : optimisation de l'assolement, évaluation des « jours disponibles » pour effectuer les travaux agricoles. À cette époque, les agronomes apparaissent comme des partenaires détenant une expertise sur la production végétale, sans apporter de vision originale sur l'exploitation en elle-même. Dans les années 1970, deux lignes de fond de l'évolution de l'agronomie changent la perspective. Tout d'abord, l'approche systémique, qui est une constante de la réflexion agronomique dont on a vu qu'elle se concrétise à cette époque dans une représentation particulière du champ cultivé, déborde de cet objet premier, et est appliquée à d'autres objets d'intérêt. L'exploitation agricole est vue comme un système, comme l'indique l'article éponyme d'Osty en 1978 – ce qui d'ailleurs aurait pu et dû amener à un rapprochement de l'agronomie avec les sciences animales. Par ailleurs, l'inscription « en dur » dans le programme de l'agronomie de la volonté de comprendre l'action des agriculteurs pour la soutenir amène à qualifier ce système de façon très significative : pour les agronomes, c'est un système piloté. Les décisions techniques relatives à la conduite des cultures que prennent les agriculteurs ne sont évidemment pas isolées des autres décisions relatives à leur outil de travail, à l'économie de l'exploitation, etc. Les agriculteurs ont « de bonnes raisons de faire ce qu'ils font » ; et si les agronomes (comme les autres disciplines partageant cet axiome) veulent comprendre leurs actions, ils doivent le faire en investiguant les bons niveaux de réflexion et de décision. D'où la formalisation d'une représentation conceptuelle de l'exploitation agricole développée à la fin des années 1970 par Capillon, avec notamment Manichon et Sebillotte, dans laquelle l'agriculteur, inséré dans un environnement socio-économique et héritant d'une situation donnée dans un milieu physique également donné, pilote un ensemble de sous-systèmes pour satisfaire un jeu d'objectifs sous contraintes. Cette représentation conceptuelle, en constant dialogue avec celle issue d'économistes (Brossier, Marshall, Petit), a été à la base du développement d'outils pour qualifier et quantifier la diversité des exploitations agricoles et leurs évolutions (les « typologies » et les « trajectoires » d'exploitations) dans une région. Le constat de base était que la seule variabilité du milieu physique ne permettait pas de rendre compte de la diversité des stratégies des agriculteurs, la stratification d'une région selon les seules potentialités du milieu physique étant dès lors insuffisante pour mener des actions de développement. Ces représentations de la diversité des exploitations sont des outils précieux pour lier

la rationalité telle qu'elle s'exprime au niveau de l'itinéraire technique et du système de culture à celle s'exprimant au niveau de l'exploitation. À cette époque, dans ce domaine comme dans d'autres, les approches françaises sont restées longtemps isolées, et peu confrontées à ce qui était produit au niveau international, alors même que les organismes internationaux du Consultative Group on International Agricultural Research et différents projets de Farming System Research s'interrogeaient de manière proche et développaient leurs propres méthodes (voir par exemple les *Rapid Rural Appraisals*, Khon Kaen University, 1987).

D'autres concepts suivront un chemin identique de «reconceptualisation», celui de «sole» dans les années 1980, de «système fourrager» dans les années 1990, ou encore ceux de «fertilité» et de «potentialité». Concernant ces deux derniers, qui sont également des concepts de passage entre les deux champs de l'agronomie (car la fertilité est l'expression du fonctionnement de l'agroécosystème, mais n'a de sens que dans un cadre d'action et pour un registre d'appréciation donnés), une véritable approche historique serait nécessaire pour démêler en quoi l'agronomie a fait preuve d'originalité et a fait progresser ces deux notions. Elles sont en effet présentes en permanence dans les préoccupations des agronomes, depuis l'article «Sur la capacité des sols» de 1952 par Demolon et Hénin (dans une section intitulée «Économie rurale» des *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*) jusqu'aux articles de Sebillotte de 1992 et 1993, intitulés respectivement «Pratiques agricoles et fertilité du milieu» (revue *Économie rurale*) et «L'agronome face à la notion de fertilité», en passant par l'article «Principe et utilité de l'étude des potentialités agricoles régionales» de Hénin et Deffontaines (1970), les différentes productions de ce dernier dans les années 1960 avec plusieurs collègues d'autres disciplines (dont la zootechnie), et enfin le numéro spécial du *Bulletin technique d'information* de 1982 «Fertilité du milieu et agriculture». Enfin, il convient de rappeler ici que nous ne faisons que décrire à grands traits les évolutions des concepts, comme nous l'avons fait pour les objets, sans entrer dans les nuances de chacun d'entre eux, qui, loin d'être statiques, vivent dans le même temps qu'ils sont employés ou, mieux, parce qu'ils sont employés : ainsi par exemple du concept d'«assolement», qui au cours des décennies s'est enrichi de nuances conceptuelles successives (voir Doré, 2012b).

À partir de 1990, les concepts agronomiques liés à l'échelle territoriale

Après le début des années 1990, c'est l'intérêt pour des échelles d'organisation supérieures à la parcelle – le bassin d'approvisionnement, le territoire – qui a été l'élément générateur de nouveautés. Comme déjà évoqué, cet intérêt a débuté dès les années 1970, avec notamment les travaux de Deffontaines à l'interface entre géographie et agronomie, et ne s'est déployé de manière plus large chez les agronomes qu'à la faveur de la prise en charge réelle des enjeux environnementaux et écologiques, ainsi que de qualité des produits. Comme le soulignent Boiffin *et al.* en 2014, les progrès ont été notables dans le domaine de la caractérisation du fonctionnement des agroécosystèmes à des échelles spatiales supraparcellaires, mais aussi dans le domaine de la gestion territoriale : les agronomes peuvent aider à «décrire l'influence des systèmes de culture et de leur organisation sur le fonctionnement global de l'entité de gestion considérée», permettre de distinguer les différents facteurs qui régissent ce fonctionnement, et enfin contribuer à «concevoir et mettre au point des stratégies,

indicateurs, règles de décision et références pour maîtriser ou valoriser la variabilité induite par les systèmes de culture et leur répartition spatiale, interagissant avec la variabilité spatio-temporelle du milieu ».

Ces travaux valorisent essentiellement des concepts établis à des niveaux d'organisation déjà envisagés, parcelle et exploitation agricole en particulier. Mais ils les intègrent dans une vision plus globale des décisions à l'échelle des territoires, et peuvent ainsi participer à des enrichissements conceptuels à ces échelles. C'est le cas des travaux notamment de Le Bail et Le Gal sur le pilotage de la qualité dans les bassins de collecte des industries de transformation des produits agricoles. Ces travaux sont en filiation avec des travaux d'agronomes antérieurs (Caneill et Capillon en particulier), et ont bénéficié d'une interaction forte avec les économistes, notamment autour des notions de cahier des charges industriel et de contrat. En ajoutant des dimensions de caractérisation agronomique des parcelles du bassin à leur simple position géographique, mais surtout en faisant de ce bassin le lieu d'articulation entre les décisions des agriculteurs et celles de l'industriel sur un espace donné, ils renouvellent complètement l'idée de bassin de collecte, qui n'était finalement que la désignation du rayon d'action d'un organisme de collecte, en définissant ce que Le Bail appelle le concept de « système local d'approvisionnement ». Ce système articule un espace technique (ensemble de parcelles), un espace décisionnel (les stratégies et règles de décision des acteurs) et un espace de négociation, englobant « les objectifs de production du système local d'approvisionnement et les modalités de coordination horizontale et verticale entre acteurs pour les atteindre » (Le Bail *et al.*, 2006). Ce concept, d'une grande richesse pour permettre la gestion des approvisionnements, notamment en ce qui concerne la qualité des produits, n'a pratiquement pas trouvé d'équivalent dans le domaine de la gestion des questions environnementales.

Ainsi l'ouvrage déjà cité *Agronomes et territoires*, qui rassemble des contributions de géographes, d'écologues et d'agronomes, ne fait mention que d'un concept agronomique spécifique, celui d'« unité agrophysionomique » (Thinon, 2005b), développé notamment par Deffontaines et Thinon (2001) qui distinguent les « unités agronomiques », qui « sont des portions de territoires de relative égale organisation spatiale des usages agricoles », des « unités agrophysionomiques », définies comme « portions de territoire de relative égale apparence ». Ce concept, dont la vocation est essentiellement diagnostique plutôt que de pilotage de l'action, permet d'identifier des portions de territoire correspondant à des usages agricoles homogènes, et présentant de ce fait un certain « faciès ». Bien que très présents sur une large gamme de types de production (prairies et parcours, grande culture, maraîchage) et d'enjeux environnementaux (qualité des eaux, ruissellement et érosion, biodiversité, etc.), les agronomes ont finalement peu produit conceptuellement sur la question de la gestion des territoires en relation avec des questions environnementales. On peut y voir sans doute le reflet d'une difficulté liée à la multiplicité des acteurs de gestion territoriale et des espaces de décision. Ils ont su néanmoins, là aussi, utiliser des concepts issus d'autres disciplines. C'est le cas du système agraire, concept issu de la géographie, qui caractérise comment les rapports sociaux déterminent les conditions d'accès des agriculteurs aux ressources productives (foncier, eau d'irrigation, moyens de production) et à leur reproduction (Cochet, 2011). Il a été utilisé dans des collaborations entre agronomes et géographes pour élaborer un projet territorial agro-environnemental (Soulard et Kockmann, 2012).

►► Conclusion

L'agronomie s'est construite, au cours des soixante-quinze dernières années, comme une discipline permettant d'appuyer l'action en agriculture. À une époque où les préoccupations sociétales assignaient à cette dernière des finalités de rendement et de rentabilité de l'activité, elle s'est construite sur la base d'un dialogue avec des disciplines voisines, lui fournissant des concepts dont elle s'est fait le creuset. En liant ces concepts, elle en a accru la portée, permettant l'émergence de l'objet « champ cultivé », dont la compréhension de plus en plus complète a nécessité à son tour un constant enrichissement conceptuel. Ainsi en particulier de l'apparition des travaux sur le couvert végétal dans les années 1970, et de la prise en compte des composantes biotiques de l'agroécosystème trois décennies plus tard. Ces enrichissements porteurs d'une densification du capital de connaissances agronomiques furent générateurs en parallèle d'une capacité accrue de raisonnement des techniques culturales. Dans un deuxième temps, l'ambition d'être capable d'appuyer l'action a dégagé la nécessité d'investiguer les lieux de l'action (la parcelle agricole), puis rapidement ensuite celle de caractériser les actions menées par les agriculteurs. L'apparition des concepts-clés des agronomes (système de culture, itinéraire technique, modèle d'action) dans ce registre a permis à la fois de renouveler la manière de penser l'appui à l'action, et de considérer sous un jour nouveau des problématiques agronomiques nécessitant un raisonnement organisé dans le temps. Le renouvellement des attentes sociétales vis-à-vis de l'agriculture a enfin obligé les agronomes à un élargissement des objets d'intérêt et des concepts nécessaires à leur manipulation, renouvelant simultanément la production de connaissances sur le fonctionnement des agroécosystèmes.

Très brièvement résumé, ce tour d'horizon sur plus de sept décennies des évolutions que nous avons décrites trace en quelque sorte une ébauche cartographique de la discipline. C'est dans les chapitres qui suivent que seront décrites la manière dont les évolutions des approches, méthodes et outils, ainsi que les interactions avec d'autres disciplines, permettent d'investir les nouveaux champs de l'agronomie, selon des échelles et niveaux d'organisation variés et dans une permanente quête d'innovation. La seconde partie permettra quant à elle d'apprécier comment cette évolution de l'agronomie est le fruit d'interactions constantes avec la société, qu'elle y joue le rôle d'un ferment ou qu'elle soit à la remorque de ses mouvements, qu'elle y soit entravée ou au contraire stimulée. Sans déflorer donc le « comment » et le « pourquoi », cette cartographie nous renseigne néanmoins sur l'évolution de la nature de l'agronomie, sur son « être ». L'« être » actuel de l'agronomie c'est, de manière insécable, consubstantielle, une discipline à la fois scientifique *et* technique – ce dont Hatchuel (2012) a clairement tiré les conséquences épistémologiques. Une discipline permettant d'accroître les connaissances sur le fonctionnement du monde utiles pour la mise en œuvre des pratiques agricoles; et un corps de règles – évolutives – pour l'agriculture. Pour reprendre une classification proposée par Boiffin et Lemaire (1993), l'agronomie intervient avec d'autres et selon cette double valence dans trois grands domaines où sa pertinence n'est pas discutée : le fonctionnement des couverts végétaux, l'impact des pratiques sur les états du milieu, la gestion des agroécosystèmes. Au début de la période qui nous occupe en revanche, la définition de l'agronomie, on l'a vu, n'était pas stabilisée. Sur le plan scientifique, sa distinction d'avec des disciplines voisines n'était pas assumée, ni son identification dans l'agronomie au sens large – les sciences agronomiques. Il existait par ailleurs sans aucun doute un

corps de règles pour l'agriculture, mais dont l'agronomie n'était pas le nom. Son évolution était d'ailleurs le produit d'innovations dont les agriculteurs étaient encore sans doute les premiers acteurs : ils les formulaient, les mettaient en œuvre, les évaluaient, les adoptaient – ou pas. Les innovations retenues intégraient les corpus de règles régissant la conduite de l'activité agricole. C'est l'expérience, au double sens de tentative et de capital acquis, qui était le moteur des transformations des agricultures, l'appui de la science étant sans doute discret.

Ainsi, la brève histoire présentée ci-dessus donne finalement à voir le passage d'une discipline scientifique floue à une discipline scientifique et technique identifiable et reconnue. Cette trajectoire peut, de manière évidemment caricaturale compte tenu de la richesse des évolutions, être résumée en trois processus : filiation/genèse, émancipation/cristallisation, déploiement. Le premier temps correspond à une maturation progressive des idées qui vont émerger ultérieurement. Nourries des connaissances issues d'autres disciplines à travers des filiations multiples, motivées par la volonté d'être utile pour une amélioration de la production agricole, les idées d'approche systémique, de diagnostic, de confrontation à la parcelle agricole, mûrissent progressivement jusque dans les années 1960. La décennie des années 1970 consacre l'émancipation vis-à-vis d'autres disciplines, en cristallisant la discipline agronomie autour des deux cœurs que sont le fonctionnement de l'agroécosystème et l'action de l'agriculteur ; simultanément, cette cristallisation établit la jonction entre la science et le corpus de règles, ouvrant sur la double dimension scientifique et technique. Enfin, cette (double) dualité permet un élargissement considérable des domaines et objets pour lesquels une légitimité est reconnue à l'agronomie : l'approche systémique incluant les acteurs et finalisée par l'action, dans laquelle l'agroécosystème anthropisé n'est pas vu uniquement comme un objet dont l'agronomie doit contribuer à comprendre le fonctionnement, mais également comme un objet dont elle doit permettre le pilotage, est féconde. Elle permet de contribuer avec d'autres à apporter des réponses à de nouvelles questions liées à l'activité agricole ; mais, précisément parce que ces questions se renouvellent, l'agronomie vit en régime d'instabilité chronique. Il suffit pour l'illustrer de se référer aux grands enjeux actuels pour l'agriculture : atténuation du changement climatique et de l'érosion de la biodiversité, adaptation à ces derniers, modifications des systèmes alimentaires, etc. Quelle place une discipline dédiée à l'appui à l'action en production végétale peut-elle jouer face à ces enjeux ? Pour l'heure, c'est néanmoins ce parcours qui permet à l'agronomie d'être à l'heure actuelle reconnue à la fois sur le plan académique comme une discipline à part entière, produisant de la connaissance générique sur le monde, et distincte d'autres disciplines partageant une partie de ses objets ; et sur le plan professionnel comme une discipline d'ingénierie permettant l'aide à la décision, qu'il s'agisse de la décision des acteurs intervenant directement sur les agroécosystèmes, ou de celle des décideurs intervenant dans l'action publique.

» Repères bibliographiques

Toutes les références citées dans le texte sont accessibles *via* le lien suivant : <https://www.quae.com/produit/1743/9782759235414/la-fabrique-de-l-agronomie>

Classées chronologiquement, celles qui suivent sont à consulter pour approfondir ou illustrer le parcours évoqué dans le chapitre. Pour une vue d'ensemble de ces repères, voir en fin d'ouvrage.

- Demolon A., 1956. *Principes d'agronomie. Tome II. Croissance des végétaux cultivés*. Dunod, Paris.
- Demolon A., 1960. *Principes d'agronomie. Tome I. Dynamique du sol*. Dunod, Paris.
- Hénin S., Gras R., Monnier G., 1969. *Le Profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques*. Masson et Cie Editeurs, Paris.
- Maquart D., Gras R., Mamy J., 1971. Essai de programmation de la recherche. Département d'agronomie. *Annales agronomiques*, numéro hors série.
- Sebillotte M., 1974. Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome. *Cahiers de l'Orstom, série Biologie*, 24, 3-25.
- Sebillotte M., 1978a. Cours polycopié d'agronomie de 1^{re} année à l'INA P-G. INA P-G, ronéoté.
- Vissac B., Hentgen A., 1979. Présentation du département de recherches sur les systèmes agraires et le développement. In : *Éléments pour une problématique de recherche sur les Systèmes agraires et le développement*. Inra, ronéoté, 6-12.
- Hénin S., 1980a. Rapport du groupe de travail Activités agricoles et qualité des eaux. Ministère de l'Agriculture, ministère de l'Environnement, Paris.
- Meynard J.M., 1985. Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver. Thèse de docteur-ingénieur, INA P-G, Paris.
- Cerf M., Sebillotte M., 1988. Le concept de modèle général et la prise de décision dans la conduite d'une culture. *Comptes-rendus de l'Académie d'agriculture*, 74 (4), 71-80.
- Boiffin J., Lemaire G., 1993. Département d'Agronomie. Schéma directeur : 1993-1997. Ronéoté, Inra, Paris.
- Deffontaines J.P., Thion P., 2001. Des entités spatiales significatives pour l'activité agricole et pour les enjeux environnementaux et paysagers : contribution à une agronomie du territoire. *Cahiers de l'environnement de l'Inra*, 44, 12-38.
- Duru M., Cruz P., Magda D., 2004. Using plant traits to compare sward structure and composition of grass species across environmental gradients. *Applied Vegetation Science*, 7, 11-18.
- Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I., Voltz M. (Eds.), 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Rapport d'Expertise scientifique collective, INRA et Cemagref.
- Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger-Estrade J., 2006. *L'Agronomie aujourd'hui*. Éditions Quae, Versailles.
- Brisson N., Levrault F., 2010. *Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010)*. Ademe Éditions, Angers.
- Boiffin J., Benoît M., Le Bail M., Papy F., Stengel P., 2014. Agronomie, espace, territoire : travailler «pour» et «sur» le développement territorial, un enjeu pour l'agronomie. *Cahiers agricultures*, 23 (2), 72-83.
- Makowski D., Nesme T., Papy F., Doré T., 2014. Global agronomy, a new field of research. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34 (2), 293-307.
- Lescourret F., Magda D., Richard G., Adam-Blondon A.F., Bardy M., Baudry J., Doussan I., Dumont B., Lefèvre F., Litrico I., Martin-Clouaire R., Montuelle B., Pellerin S., Plantegenest M., Tancoigne E., Thomas A., Guyomard H., Soussana J.F., 2015. A social-ecological approach to managing multiple agro-ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 68-75.