

Comment réconcilier agriculture et littoral ?

Vers une agroécologie des territoires

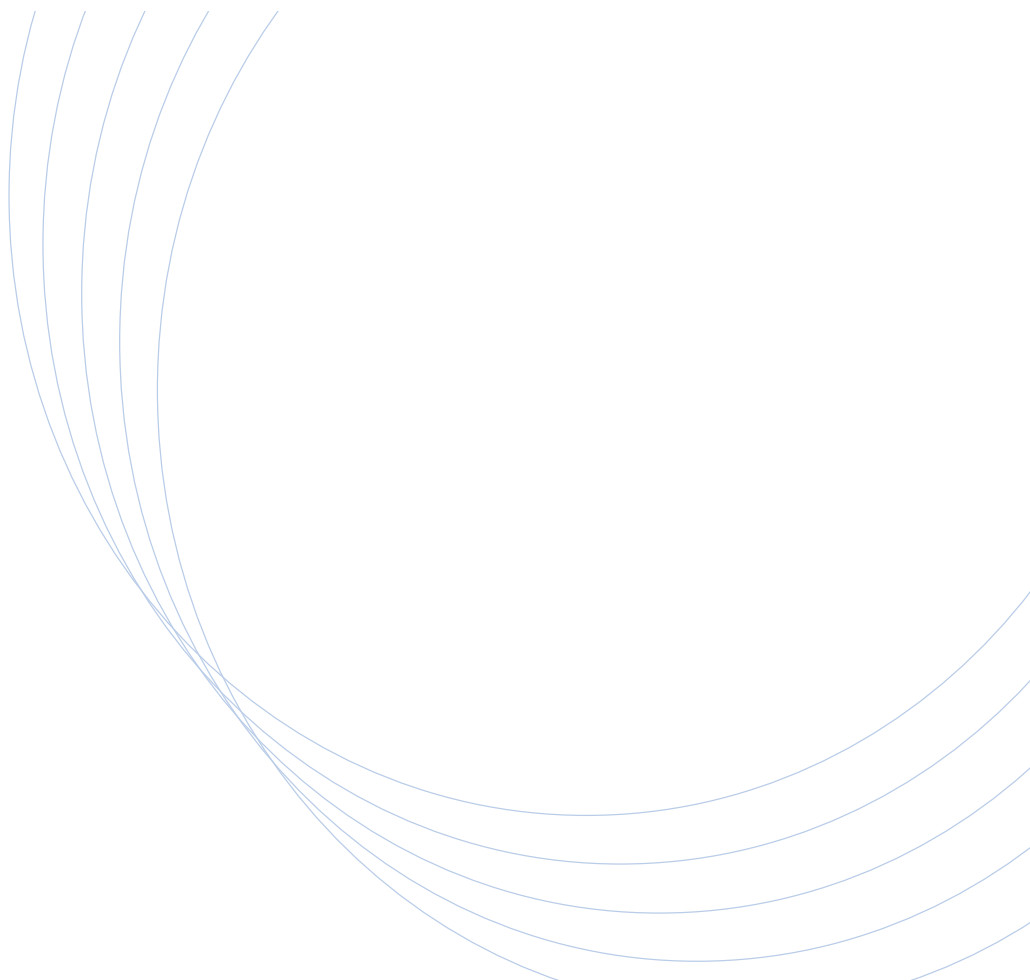
Chantal Gascuel, Laurent Ruiz, Françoise Vertès, coord.



Comment réconcilier agriculture et littoral ?

Vers une agroécologie
des territoires

Chantal Gascuel, Laurent Ruiz, Françoise Vertès, coord.



Collection Matière à débattre et décider

Réduire les pertes d'azote dans l'élevage
Expertise scientifique collective
2014, 168 p.

Les variétés végétales tolérantes aux herbicides
Un outil de désherbage durable ?
Expertise scientifique collective
2014, 160 p.

La filière équine française à l'horizon 2030
Christine Jez, coord.
2014, 158 p.

Fertilisation et environnement
Quelles pistes pour l'aide à la décision ?
S. Pellerin, F. Butler et C. Van Laethem, coord.
2014, 288 p.

Concilier agricultures et gestion de la biodiversité
Dynamiques sociales, écologiques et politiques
J. Baudry, L. Durand, M. Cipièrre, A. Carpentier
2013, 320 p.

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex, France
www.quae.com

© Éditions Quæ, 2015

ISBN : 978-2-7592-2285-8

ISSN : 2115-1229

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

Préface

LANCÉ FIN 2008 PAR L'AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE, le programme « Écosystèmes, territoires, ressources vivantes et agricoles » (Systemra) se proposait de « concevoir et de mettre au point des technologies de gestion intégrée d'écosystèmes multifonctionnels, des procédures d'action et de gouvernance collective, ainsi que des instruments de politiques publiques appropriés pour permettre aux différents acteurs concernés d'œuvrer ensemble et de manière concertée à cette gestion intégrée ». C'est dans le cadre de ce programme qu'a été retenu le projet Acassya, qui appliquait cette problématique générale à un cas que je qualifierai de « paroxysmal », du fait de l'ampleur des tensions sous-jacentes à la notion de multifonctionnalité, de l'obligation à apporter des solutions rapidement, mais aussi des polémiques à l'œuvre autour de l'origine d'un problème : celui des territoires bretons confrontés aux marées vertes.

En effet, vouloir comprendre et, surtout, modifier le fonctionnement de territoires modelés de longue date par les activités agricoles, pour en diminuer les impacts environnementaux tout en conservant leur compétitivité économique, supposait de relever un triple défi et constituait pour la recherche agronomique l'occasion d'élaborer de nouvelles pratiques, voire même un nouveau paradigme.

Il s'agissait tout d'abord de réussir à mobiliser et à animer des collectifs pluridisciplinaires larges, alliant sciences du milieu physique, sciences du vivant et sciences économiques et sociales. Les territoires sont en effet des systèmes à la fois écologiques et sociaux, des « socio-écosystèmes », que nulle discipline ne peut prétendre à elle seule appréhender entièrement. Face aux enjeux, ces collectifs se devaient en outre d'être opérationnels, c'est-à-dire non seulement d'aborder des questions complexes mais aussi d'apporter effectivement des réponses originales à ces questions.

Il fallait ensuite pouvoir diversifier les échelles spatiales d'analyse et d'action. Habitué aux échelles de la parcelle et de l'exploitation agricole, les agronomes allaient devoir affronter des ensembles plus vastes, hétérogènes et complexes, tant sur le plan géomorphologique qu'écologique et, surtout, des collectifs d'acteurs eux-mêmes divers et ayant pour ces territoires des « projets » parfois contradictoires. En outre, la définition des limites à considérer pour ces territoires pour développer des approches pertinentes — tant pour la compréhension des processus que pour la mise en place de nouvelles pratiques — faisait partie intégrante de ce défi. Pour ne prendre qu'un exemple, le bassin versant « idéal » pour étudier les processus du cycle de l'azote ne sera pas le même que celui adéquat pour la mobilisation d'un collectif d'agriculteurs.

Comme on le verra dans cet ouvrage, ces deux premiers défis, de la pratique pluridisciplinaire et de l'intelligence de l'espace, ont été relevés, et à mon avis avec un certain succès, par le projet Acassya et je ne les détaillerai pas davantage. J'ai souhaité en revanche développer un troisième défi, moins visible mais qui a sous-tendu tout ce

projet, au sens propre du terme car il lui a, à mon avis, donné à la fois sa cohérence et sa « tension dramatique » : c'est celui de la diversité des échelles temporelles à prendre en compte et des confrontations, parfois violentes, entre les exigences propres à ces différentes temporalités.

Il me semble en effet repérer dans ce projet quatre temporalités distinctes, que je qualifierai respectivement d'écologique, de scientifique, de sociotechnique et de politique. La temporalité écologique est celle du fonctionnement des écosystèmes, c'est-à-dire des processus reliant des pratiques agricoles à l'observation d'échouages plus ou moins massifs d'algues vertes sur les côtes : quand les molécules d'azote absorbées par les ulves ont-elles commencé leur migration à partir des parcelles agricoles ? Inversement, au bout de combien de temps une modification des pratiques agricoles se traduira-t-elle par une réduction notable des échouages ?

Il est apparu que même sur un socle cristallin avec des nappes relativement superficielles, ces temps de transfert sont en fait beaucoup plus longs que ce que l'on pensait dans les années 1990. Autrement dit — et c'est là un résultat important du projet — ces nappes ont une structure et un fonctionnement plus complexes que prévu, elles possèdent une « mémoire » des flux passés, et une inertie d'au moins dix ans semble désormais à considérer pour relier pratiques agricoles et marées vertes. En outre, cette temporalité longue et cette « mémoire » font que de nombreux phénomènes vont intervenir pour moduler, à l'échelle annuelle ou saisonnière, les quantités d'azote parvenant à la mer. Il sera donc vain de rechercher des corrélations fortes entre les pertes d'azote d'une année donnée au niveau des parcelles agricoles et l'ampleur des échouages d'algues quelques années plus tard.

Cette temporalité écologique, incompressible et inéluctable autant qu'imprévisible, se heurte frontalement, comme nous le verrons, à la temporalité politique et rend particulièrement difficile l'adoption de stratégies s'attaquant aux causes mêmes du phénomène. Elle alimente aussi, comme j'ai pu en faire l'expérience en réalisant un rapport sur ce sujet, un scepticisme sur ses causes et, en particulier, sur l'implication effective de l'azote d'origine agricole. Ce « nitro-scepticisme », qui peut parfois ébranler les convictions des décideurs, rappelle la difficulté des climatologues confrontés à un discours mettant en cause leur capacité à prédire l'évolution à long terme du climat alors que la météorologie peine à en définir les tendances à court terme.

La temporalité scientifique est celle de l'élaboration des connaissances nécessaires à l'action. En effet, si les principaux processus impliqués dans le cycle de l'azote étaient tous recensés et décrits qualitativement depuis de nombreuses années, leur quantification et leur hiérarchisation dans le cas des bassins versants bretons comme dans de très nombreuses situations opérationnelles, étaient loin d'être réalisées précisément. Il fallait donc à la fois affirmer ce que la science pouvait dire — et, notamment que c'était bien l'azote d'origine agricole qui constituait la variable déterminante sur laquelle il convenait d'agir — et revendiquer le temps nécessaire pour préciser sur quels processus il fallait intervenir, voire remettre en cause ce qui était pour certains des certitudes bien établies.

Ainsi, l'espoir mis dans la capacité dénitrifiante des zones humides a dû être fortement revu à la baisse. De même, une modélisation des teneurs en azote des rivières a montré que, avec les pratiques agricoles actuelles, un réseau bocager aussi développé que celui des années 1950 n'aurait réduit que faiblement les teneurs actuellement observées. Sans nier l'intérêt des infrastructures écologiques comme les haies, bosquets, mares ou zones humides, qui ont de nombreuses autres fonctionnalités, notamment vis-à-vis de la biodiversité et de l'érosion, il est donc apparu que c'était au sein même des surfaces agricoles « utiles » qu'il convenait d'agir pour limiter les flux d'azote. Une conclusion susceptible de mécontenter tant les écologistes que les agriculteurs !

Et à ce niveau des surfaces agricoles, la recherche se retrouvait sommée de répondre à plusieurs questions cruciales : peut-on se contenter d'optimiser les pratiques agricoles actuelles, en mobilisant notamment tous les outils permettant de gérer au plus juste les apports d'azote nécessaire aux productions animales et végétales, ou faut-il envisager de « changer de système », c'est-à-dire de concevoir et mettre en œuvre de nouveaux systèmes de production ? Ces nouveaux systèmes sont-ils fiables et permettront-ils de conserver tous les agriculteurs ou faudra-t-il agrandir les exploitations pour qu'elles conservent leur viabilité économique ? Et enfin, question la plus lourde, l'adoption de ces nouveaux systèmes résoudra-t-elle effectivement, même au bout de 10 à 15 ans, le problème des algues vertes ? Comme on le verra, répondre à ces alternatives nécessitait en outre d'atteindre un niveau élevé de précision dans la connaissance des processus : on est typiquement dans le cas de systèmes non-linéaires dans lesquelles une petite fluctuation d'un paramètre peut modifier grandement l'importance des phénomènes globaux.

La temporalité scientifique a donc apporté elle aussi sa dose d'aléas, alternant confirmations et infirmations et offrant une image de la recherche sensiblement différente de celle d'Épinal du « savant qui sait ».

Venons-en à ce que j'ai dénommé la temporalité sociotechnique, c'est-à-dire au temps nécessaire aux différents acteurs pour s'approprier ces connaissances, faire évoluer leurs représentations, développer une attitude positive vis-à-vis de ces nouveaux systèmes agricoles, nouveauté ne rimant nullement avec attractivité. Comme le dit un des chercheurs, « on est arrivé avec une idée fausse qui était que les gens du coin [...] avaient envie de changer de système ». Face à cette temporalité que l'on peut aussi qualifier, en prenant une analogie biologique, de « métabolisme social de la connaissance », les chercheurs du projet ont cependant bien compris que ces changements ne s'opéreraient que si les agriculteurs avaient « envie de travailler » dans ces nouveaux systèmes, ne les voyaient pas comme un retour au passé, que si ces systèmes, tout en fixant des objectifs à atteindre, respectaient la diversité des situations et leur permettaient d'exprimer leurs savoir-faire. En un mot, il fallait, pour reprendre le terme de Claude Lévi-Strauss, que ces systèmes soient « bons à penser ».

D'où une volonté délibérée de « co-construire » ces systèmes entre chercheurs et agriculteurs, de définir des indicateurs aisément mesurables par les agriculteurs, plutôt que d'appliquer le schéma linéaire classique selon lequel les scientifiques définissent les

« bonnes solutions », laissant aux acteurs publiques le soin de les faire adopter. Mais cette attitude des chercheurs n'est pas sans susciter parfois doutes et interrogations : sont-ils vraiment des accompagnateurs ou ne font-ils pas en fait partie de l'administration et de son « système normatif » tant décriés ? Pire, ne sont-ils pas les instruments d'une volonté d'élimination de l'agriculture ? Et, pour les chercheurs ainsi impliqués, le temps de l'appropriation n'est pas un temps linéaire : ce qu'ils croyaient avoir « fait passer » est parfois remis en cause, un évènement fortuit peut défaire des liens que l'on croyait solides, bref le temps social bat son rythme propre.

S'y ajoute le fait que, dès lors que l'on travaille à l'échelle d'un territoire, de nombreux autres acteurs interviennent et apportent également leurs préoccupations et leurs représentations : professionnels des filières agro-alimentaires mais aussi du tourisme, élus, services de l'État, organisations écologiques ou de consommateurs... Il faut donc affronter un autre temps social, s'impliquer dans des lieux d'échange entre le « monde agricole » et ces différents acteurs, parfois plus coutumiers de la confrontation et de la dénonciation que du dialogue, pour définir ensemble un projet de territoire.

Et c'est là qu'intervient la quatrième temporalité, celle du politique et de l'action publique. Elle est souvent marquée par l'impatience et peut, l'espace de la mort d'un cheval, passer d'une relative indifférence à l'exigence de résultats rapides. Elle peut aussi basculer d'une adhésion à des stratégies visant à maîtriser les causes à des actions, jugées plus rapides et plus certaines, se limitant à en éliminer les effets, comme le ramassage systématique des algues sur les plages. Elle peut même, comme nous l'avons évoqué, développer un discours de défiance vis-à-vis de certains scientifiques ou, du moins de leurs résultats parfois dérangeants car, pour les politiques également, il faut pour agir que la connaissance soit « bonne à penser ». Ces changements de rythme, imprévisibles, ont pu parfois lancer de nouvelles impulsions. Ils peuvent aussi déstructurer des alliances et des rapprochements qui s'étaient forgés dans la durée. La nécessaire diffusion de la connaissance s'élabore, s'accompagne pour s'articuler avec l'action.

Les chercheurs qui se sont impliqués dans le projet Acassya ont donc eu à accepter et à intégrer ces quatre temporalités et surtout leurs interactions, à gérer les tensions qui en résultaient, à essayer d'exploiter leurs synergies, se retrouvant parfois loin du temps, plus accumulatif, de la science (même si celle-ci n'est pas exempte de remises en causes). Expérience difficile, nouvelle pour certains, mais, comme le dit l'un d'entre eux : « On a ramé mais en même temps, ça a été vachement intéressant ». Je laisse donc maintenant le lecteur découvrir et, je l'espère, savourer cette belle odyssée à la fois scientifique et humaine. Qu'elle puisse servir à gérer les nombreuses crises environnementales avant qu'elles ne soient « paroxysmales ».

Bernard Chevassus-au-Louis, inspecteur général de l'Agriculture
et président du comité de pilotage du programme Systema

Remerciements

NOUS REMERCIONS TRÈS VIVEMENT l'ensemble des personnes qui ont participé de près ou de loin à ce projet, ces personnes dépassant de loin les chercheurs auteurs de cet ouvrage. Il s'agit notamment des acteurs de la Lieue de Grève, au premier rang desquels :

– Nadine Maréchal, Bénédicte Le Bref, Gwénaëlle Briant, Paul Salaun et Laure Alba, du service environnement de Lannion-Trégor agglomération, Pierre Moreau, dont le travail de thèse a impliqué des allers-retours entre modélisation et élaboration des scénarios par le groupe de travail, ainsi que nos valeureuses stagiaires Flavie Mabon et Émilie Doussal ;

– les familles de Rémi Adam, Gilles Callarec, Erwan Cresseveur, Hervé Guélou, Jean-Michel Kerboriou, Christine Lancien, Arnaud Le Goffic, Bruno Loutrage, Yvan Lucas et Yvon Ollivier, exploitants pilotes ainsi que tous ceux qui ont accueilli et répondu aux questions des chercheurs et stagiaires, qui nous ont ouvert les portes de leurs exploitations et ont accepté d'enregistrer la longue liste des données nécessaires à la modélisation et aux suivis. Que l'ensemble des membres du CPA et en particulier Jean-Noël Sidaner puis Edwige Kerboriou, qui ont accepté le risque d'une collaboration avec les chercheurs, soient également remerciés ;

– Marie-Madeleine Cabaret, Pauline Defrance, Solenne Dupré, Jean-Luc Giteau, Marie-France Milot, Sophie Le Du, Yves Le Troquer, Olivier Manceau et Vincent Jégou des chambres d'agriculture régionale et départementale, ainsi que Jérôme Loinard (Cédapa) et Guillaume Michel (GAB22), pour leur contribution à l'ensemble du travail et aux travaux du groupe technique, leurs idées et les riches débats occasionnés, et leur grande compétence de terrain qui a largement permis la co-construction et la mise en œuvre des projets d'évolution. Nos remerciements vont également à Christelle Raison et Benoît Rubin de l'Institut de l'élevage pour leur contribution aux travaux du groupe.

Nous remercions les élus locaux, Jean-Claude Lamandé et Joël Lejeune, pour leur soutien sans faille et encouragements, ainsi que pour avoir facilité les voyages d'études en Lorraine et Irlande, occasion d'échanges approfondis dans une ambiance très conviviale.

Nous remercions également nos collègues chercheurs, techniciens et gestionnaires, de l'Inra, d'Agrocampus Ouest et plus généralement de l'Osir (Observatoire des sciences de l'univers de Rennes), qui permettent aux dispositifs d'observation de l'environnement (ORE Agrhys, ZA Pleine-Fougères) de constituer un support inestimable pour étudier les interactions entre agriculture et environnement.

Nous remercions Claude Cheverry, professeur émérite d'Agrocampus Ouest pour sa relecture attentive et ses conseils.

Nous remercions tout particulièrement le programme Systerra de l'Agence nationale de la recherche, qui a financé le projet Acassya ANR-08-STRA-01.

Un colloque de restitution, organisé en partenariat avec le Creseb (Centre de ressource et d'expertise pour l'eau en Bretagne), a eu lieu, le 14 juin 2013, donnant lieu à des exposés et des tables rondes filmées. L'ensemble de ces documents est accessible à l'adresse suivante : www.acassya.fr.

Sommaire

Préface	3
Remerciements	7
Introduction	11
1. D'enjeux de société à une démarche de recherche	
Le constat : un cycle de l'azote profondément perturbé	15
Mieux connaître le cycle de l'azote dans les paysages	18
Concevoir des systèmes agricoles et accompagner leur transition	21
Modéliser des scénarios pour contribuer à des projets de territoire	23
Prendre appui sur des référentiels complémentaires	25
Conclusion	30
2. Transfert et transformation de l'azote dans les paysages	
Un schéma conceptuel du bassin versant qui a évolué	31
Des avancées scientifiques récentes	39
Conclusion	48
3. Des scénarios co-construits pour une transition agroécologique	
L'évolution du territoire de 1950 à nos jours	49
Vers quels systèmes d'élevage aller ?	60
Un cadre systémique pour des stratégies individuelles différenciées	64
Une avant-garde d'exploitations en mouvement	68
Conclusion	72
4. Une action publique territorialisée face à des logiques verticales	
Le positionnement des acteurs vis-à-vis du territoire	75
Deux approches opposées pour le changement : territoriale ou sectorielle ?	79
La Lieue de Grève : cas particulier ou cas d'école ?	80
Quelle articulation de la recherche aux débats entre acteurs ?	81
Conclusion	83

5. Des modèles et des outils pour des projets de territoire

Pourquoi des modèles et que modéliser ?	85
Adopter des modèles complexes à un cadre décisionnel	88
L'effet de différents scénarios sur la pollution nitrique	94
Conclusion	102

6. Pour innover, vivons cachés ?

Ce que c'est que d'être « pilote »

Aux origines d'une avant-garde	104
Innover sans s'isoler : la genèse des « fermes pilotes »	108
L'accompagnement scientifique face à l'hétéronomie accrue	113
L'expérience de la co-construction : une épreuve symétrique ?	118
Changement de pratiques, de système et innovation en agriculture	131
Conclusion	134

Bilan et perspectives	137
-----------------------	-----

Sigles et acronymes	142
---------------------	-----

Bibliographie	143
---------------	-----

Auteurs	150
---------	-----

Introduction

LES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES LITTORAUX sont dégradés dans de nombreuses régions du monde. Ces perturbations écologiques sont liées à des excès de nutriments (eutrophication) ou à des déséquilibres dans leurs parts respectives (dystrophie). Les nutriments en cause sont les éléments majeurs constitutifs des organismes, principalement carbone, azote, phosphore et silice. Les manifestations peuvent en être diverses : développements d'organismes macroscopiques (macroalgues), ou microscopiques (cyanobactéries, dinoflagellés...). Elles peuvent s'accompagner de conséquences négatives sur la santé et les activités humaines, que ce soit sur le bassin versant ou le littoral (tourisme, activités halieutiques...). La sensibilité des écosystèmes littoraux à ces phénomènes est variable, fonction de facteurs physiques tels que la lumière et la température, fonction également du temps de renouvellement des eaux côtières, variable lui-même selon la configuration des baies et la circulation des masses d'eaux littorales.

Le lien entre la dégradation des écosystèmes littoraux, les flux d'azote et l'agriculture a été établi dans des synthèses scientifiques (Conley *et al.*, 2009 ; Grüber & Galloway, 2008 ; Howarth *et al.*, 2011 ; Howarth & Marino, 2006) et divers rapports d'expertise (Chevassus-au-Louis *et al.*, 2012 ; Cimav, 2009 ; Dalmas *et al.*, 2010 ; Menesguen *et al.*, 2011). L'agriculture, par nature consommatrice de nutriments, est mise en cause : son objectif est de produire, à l'aide d'intrants nutritifs, de la biomasse végétale et animale pour nourrir les hommes. Ces intrants sont apportés dans les exploitations sous forme minérale (engrais N, P, K) ou sous forme organique (aliments pour les animaux, recyclage des déchets ou déjections animales). Ces apports, dans les bâtiments d'élevage comme aux sols, s'accompagnent de fuites vers l'eau et l'air, en quantité très variable selon les éléments, les systèmes agricoles et les sites. Les zones de productions animales intensives, fortes importatrices de nutriments sous forme d'aliments pour les animaux, sont également des zones de fortes émissions de nutriments, conduisant à une eutrophication des eaux douces ou littorales. Mais le lien n'est pas toujours aussi direct : on observe parfois, dans les milieux fragiles, une dégradation importante des écosystèmes littoraux dans des zones où les apports de nutriments sont modérés. Pour endiguer ces phénomènes, les émissions de nutriments vers les eaux doivent diminuer, parfois jusqu'à des niveaux très faibles, nécessitant des changements importants des modes de production agricole. Or, pour que ces objectifs de changements aient une chance d'être portés par les décideurs et acceptés par les agriculteurs, il est nécessaire de définir de manière très précise les relations entre pressions et impacts, afin d'adapter au plus juste les changements nécessaires, en tenant compte des spécificités de chaque site.

Cet ouvrage interroge de manière nouvelle les relations entre agriculture et cycle de l'azote. Il s'appuie principalement sur les résultats du programme de recherche Acassya (ACcompagner l'évolution Agroécologique deS SYstèmes d'élevAge dans les bassins versants côtiers), financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR). Ce programme

est né d'une rencontre entre les gestionnaires d'un territoire et des équipes de recherche, convaincus de l'intérêt de travailler en partenariat, en mettant la connaissance au cœur de la mise en mouvement du territoire. Les gestionnaires de bassin versant sont en effet en difficulté pour élaborer des projets de territoire à la fois ambitieux d'un point de vue environnemental mais aussi réalistes et acceptables par les agriculteurs. Ces gestionnaires sont à la croisée de deux enjeux antagoniques : concevoir et favoriser des systèmes agricoles, des paysages, avec de faibles émissions de nutriments vers les baies littorales, et inscrire ces changements dans un contexte économique et social durable pour les exploitations concernées, dans un tissu de filières de productions agricoles et agro-industrielles dépassant largement ce territoire. Cet antagonisme est d'autant plus marqué que l'écosystème littoral est fragile, le changement attendu fort, l'agriculture fortement intégrée dans des filières agro-industrielles.

Dans le cadre du programme Acassya, le gestionnaire est la communauté de communes de Lannion-Trégor agglomération, qui porte le projet de territoire des bassins versants alimentant la baie de la Lieue de Grève, dans les Côtes-d'Armor. Si la prolifération des algues vertes remonte à plusieurs décennies, le partenariat avec la recherche, commencé dès 1998 lors des programmes Prolittoral, a rebondi fin 2006, lorsque cette communauté de communes a sollicité les chercheurs « [...] pour les aider à élaborer des actions innovantes pour limiter les fuites de nitrate vers les rivières ». Ce territoire, emblématique du fait d'une très forte exigence environnementale, doit obligatoirement envisager une forte évolution des systèmes agricoles. Il a fait la une des médias, en termes de santé publique, avec la mort d'un cheval et le malaise de son cavalier au milieu de l'été 2009. Le phénomène d'accumulation de macroalgues sur le littoral y est parmi les plus spectaculaires en France, avec des conséquences économiques importantes. En 2011, la quantité d'algues vertes ramassées a été estimée à 32 830 m³ (25 252 m³ évacuées après égouttage), pour un coût annuel de 646 000 €. L'agriculture y est dominée par une production bovine, laitière et allaitante, qui a su faire évoluer ses pratiques agricoles, permettant une stabilisation des concentrations en nitrate des cours d'eau aux alentours de 30 mg/l, ce qui finalement serait exemplaire si elle n'était située dans un contexte environnemental aussi sensible. En effet, si la directive « Nitrates » de 1991 fixe le seuil maximal de concentration en nitrate acceptable à 50 mg/l et l'objectif à atteindre à 25 mg/l, la cible pour endiguer ces « marées vertes » serait beaucoup plus faible, de l'ordre de 10 mg/l (Menesguen, 1998 ; Perrot *et al.*, 2014) : une agriculture qui n'émette pas beaucoup plus qu'une forêt est à inventer. Dans ce contexte difficile, les porteurs du projet de territoire et les agriculteurs ont été demandeurs d'un travail partenarial avec les scientifiques pour les aider à construire un projet de territoire ambitieux.

La recherche a dans ses objectifs de développer des approches intégrées à l'échelle du paysage, contribuant à boucler les grands cycles biogéochimiques et à accompagner des transitions de systèmes agricoles, dans le cadre d'une agroécologie des paysages. D'où l'importance de prendre en compte l'ensemble du cycle de l'azote dans le paysage, en mettant l'accent sur les questions des rejets de pollution de l'eau vers l'air, d'une meilleure prise en compte des systèmes de cultures en relation avec les caractéristiques des

sols, des stockages internes au bassin versant dans les sols et les nappes... Des questions encore très largement ouvertes se posent. Quelle agriculture, quel paysage peuvent aider à restaurer la qualité des écosystèmes littoraux ? Que se passe-t-il si on met en place telle ou telle action ? Combien de temps cela prendra-t-il ? Ces questions sont difficiles car elles nécessitent une connaissance globale, interdisciplinaire, d'un système incluant les dimensions physicochimiques et biologiques, mais aussi sociales et économiques. Elles impliquent aussi le développement d'outils, le plus souvent numériques, pour tester des hypothèses d'évolution des territoires. Une interaction forte avec les acteurs de terrain est nécessaire, pour poser le diagnostic et les pistes de travail, pour élaborer des scénarios prospectifs réalistes et acceptables, pour acquérir des données sur les exploitations agricoles en transition. Les acquis de la recherche sur les processus biophysiques se basent souvent sur des sites très instrumentés, qui ont des configurations connues, et la question de la transposition des résultats de sites de recherche vers des sites porteurs d'enjeux sociétaux est un réel défi.

Est-ce à dire que cet ouvrage se limite à témoigner d'une expérience de projet de recherche sur un territoire porteur d'enjeux finalement assez spécifiques, qu'il se focalise sur la manière d'atteindre des très basses fuites d'azote dans les bassins versants à algues vertes ? S'il a clairement cette ambition, nous espérons que la démarche, les outils, les connaissances présentés aideront les acteurs engagés sur d'autres territoires à enjeu « nitrate », par exemple les aires d'alimentation de captage, à construire une stratégie pour construire leur propre projet.

Le chapitre 1 présente les grands enjeux de ce travail, le chapitre 2 les avancées en terme de connaissances sur les milieux, le cycle de l'azote dans les paysages, dans les contextes hydrologiques à nappe superficielle. Les chapitres 3 et 4 se focalisent sur les bassins versants alimentant la baie de la Lieue de Grève et traitent respectivement : i) des transitions possibles et en cours des systèmes agricoles, en particulier dans les systèmes bovins laitiers ; et ii) du positionnement des acteurs du territoire dans cette transition, par une démarche de sciences politiques. Le chapitre 5 présente les outils élaborés, parmi lesquels la modélisation, et les résultats auxquels ils ont conduit. Nous avons choisi de traiter de la modélisation dans un second temps, celle-ci n'étant pas vue comme une simple intégration des connaissances, mais bien comme un outil pour accompagner les gestionnaires de bassins versants dans l'élaboration du projet de territoire dont ils ont la charge. Il pose ainsi des bases de solutions, sur différents sites et enjeux. Le chapitre 6 qui conclut cet ouvrage, développe une démarche d'ethnographie très originale, rapportant et analysant les discours des acteurs, leurs difficultés pour aller vers des solutions, les chercheurs du programme Acassya étant considérés comme des acteurs parmi d'autres. Les résultats des chapitres 2, 3 et 5 sont directement issus du programme de recherche Acassya, alors que les 4 et 6, financés par d'autres programmes, se sont déroulés parallèlement et sur les mêmes terrains. Il nous a semblé intéressant de les rassembler. Cet ouvrage interroge finalement les relations science et société dans la gestion des crises environnementales, dans la recherche de transitions agroécologiques à l'échelle de territoires, dans des contextes environnementaux fragiles.

1. D'enjeux de société à une démarche de recherche

Chantal Gascuel, Laurent Ruiz

Le constat : un cycle de l'azote profondément perturbé

■ Un problème planétaire d'ampleur inégale

L'augmentation de la productivité agricole depuis une soixantaine d'années est pour partie liée au développement de l'agrochimie. La découverte du procédé de synthèse des engrais azotés à partir de l'azote atmosphérique (procédé Haber-Bosch, 1913) a été un succès technologique majeur. Sa mise en œuvre industrielle dans les années 1950 a permis l'utilisation généralisée d'engrais minéraux en agriculture. La production agricole s'est fortement développée et a pu ainsi répondre à la demande alimentaire mondiale dans un contexte de forte croissance démographique. Mais on a assisté parallèlement à une forte augmentation de l'azote réactif dans l'environnement, c'est-à-dire de toutes les formes d'azote mobile, que sont le nitrate (NO_3^-), les oxydes d'azote (NO_x , N_2O), l'ammoniac (NH_4^+ , NH_3), et qui sont véhiculées dans l'eau et l'atmosphère. Entre 1970 et 2000, la population mondiale est passée de 4 à 6 milliards de personnes, et l'azote réactif mis en jeu à l'échelle mondiale est passé de 75 à 160 millions de tonnes. Cette augmentation d'azote réactif s'est traduite par une chaîne de déséquilibres, connus sous le nom de « cascade de l'azote » (Galloway *et al.*, 2003 ; Gruber & Galloway, 2008). Les formes mobiles de l'azote ont eu et ont encore des conséquences sur le climat, l'eau, la biodiversité, la santé humaine. Depuis une dizaine d'année, on mesure de mieux en mieux l'ampleur des impacts de ces excès d'azote (Sutton *et al.*, 2011).

À cette évolution globale, s'est surimposée une spécialisation géographique des productions agricoles, notamment des productions animales. Les régions proches de la mer, du fait de la proximité des ports et d'importations faciles de protéines végétales, se sont souvent spécialisées dans les productions animales. Les régions du Nord-Ouest de l'Europe sont particulièrement concernées. Le cas de la Bretagne est emblématique : les flux spécifiques d'azote des rivières vers la mer ont augmenté de 1 kg/ha/an entre les années 1980 et 2000, pour se stabiliser depuis (Arousseau & Vinson, 2006). De nombreuses régions du monde ont peu ou prou, et plus ou moins tôt, suivi cette même évolution.

■ Des initiatives globales et locales, scientifiques et sociétales

Ces perturbations ont provoqué une prise de conscience du monde scientifique et de la société quant aux nécessités d'une meilleure connaissance du cycle de l'azote, et de nouveaux modes de production en agriculture. Plusieurs initiatives scientifiques internationales ont vu le jour récemment pour comprendre et maîtriser cette cascade de l'azote (NI^1 , NiNe^2), c'est-à-dire maintenir ou augmenter la production de biomasse tout en diminuant les pertes d'azote réactif vers les écosystèmes. En d'autres termes, il s'agit de trouver les moyens de « boucler les cycles biogéochimiques » en développant des systèmes agricoles qui n'émettent que de faibles fuites d'azote vers l'atmosphère et l'eau, à des niveaux compatibles avec les usages de l'eau et avec la santé des écosystèmes aquatiques.

Une nouvelle gestion des échanges à une échelle globale doit s'opérer pour que les territoires en excès recouvrent une certaine autonomie, ou/et traitent et transportent les excédents. À ces échelles, l'évaluation des impacts environnementaux de différents modes de production par analyse du cycle de vie est particulièrement utile, prenant notamment en compte les transports, les infrastructures de production... Toutefois, cette échelle, pour importante qu'elle soit, n'est pas traitée dans cet ouvrage.

L'échelle visée ici est territoriale : celle d'un bassin versant de l'ordre de 50 à 500 km² et celle de la gestion de l'eau (aires d'alimentation des captages pour l'eau potable, bassins versants à enjeux littoraux, bassins versants des plans d'eau...). À cette échelle, la parcelle, l'exploitation agricole, le paysage, les systèmes de production agricoles, peuvent être explicitement décrits, et des voies de remédiation discutées avec les acteurs, adaptées aux spécificités locales, en termes de milieu, d'activité agricole, de filières économiques, dans le cadre juridique défini par la directive « Nitrates » et ses déclinaisons nationales et régionales. Cette remédiation se met en place au sein de différentes structures de gestion de l'eau, les Sdage, les Sage³, les comités de pilotages de territoire de l'eau. Le rapport Lesage (2013) souligne précisément l'importance du niveau territorial dans cette gestion de l'eau.

Ces territoires ont des contraintes économiques ou écologiques particulières. Les bassins versants liés à des sources d'eau minérale, comme Plancoët, Vittel ou Évian, ont des valeurs cibles de concentration en nitrate très basses, inférieures à 10 mg/l. Ils ont cependant un atout, celui de pouvoir rémunérer le service « basse fuite de nitrate » par un acteur économique, le producteur d'eau de source. Ces bassins versants ont ainsi mis en place des cahiers des charges à forte contrainte d'usages des sols et de systèmes agricoles, cahiers des charges qui ne permettent pas d'assurer la viabilité économique des

1. <<http://initrogen.org>> (consulté le 12 déc. 2014).

2. <<http://www.nine-esf.org>> (consulté le 12 déc. 2014).

3. Sage, Sdage : respectivement, schéma d'aménagement et de gestion des eaux, et schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux.

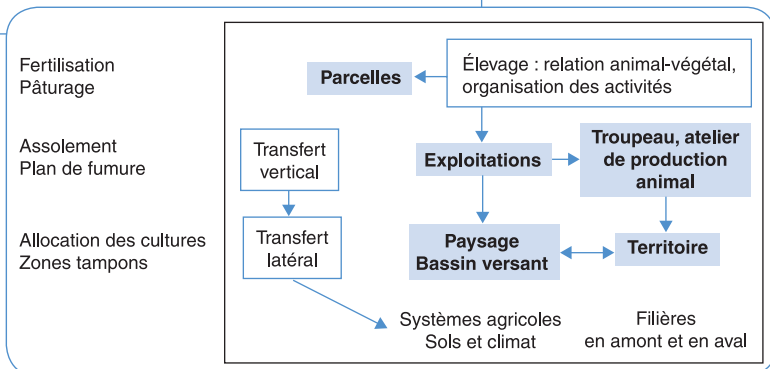
exploitations au regard du seul marché des produits agricoles. Ceci n'est pas le cas de la plupart des bassins versants à forte contrainte écologique, comme les bassins versants alimentant lacs, estuaires ou baies littorales. Dans ces cas, une approche systémique est nécessaire : la remédiation doit s'inscrire dans un jeu de contraintes économiques et sociologiques plus étroit, et dans le cadre des outils mis en place par les politiques publiques comme les MAE (mesures agro-environnementales). Il s'agit pour les agriculteurs de concevoir eux-mêmes les systèmes agricoles sur lesquels ils auront envie de travailler, qui les feront vivre. Ceux-ci s'engagent alors dans une transition difficile qui les amène parfois à devoir changer complètement de métier et de compétences, passant par exemple, d'éleveur dans un système partiellement hors-sol, peu ou prou artificialisé, à éleveur dans un système herbager à forte autonomie pour l'alimentation des animaux.

I Vers des approches territoriales et systémiques

Différents niveaux d'action peuvent être considérés (fig. 1.1) : le bassin versant, défini comme l'aire d'alimentation d'un point du cours d'eau ; l'exploitation, où se décide l'assolement des cultures et des itinéraires techniques ; et enfin la parcelle, où se mettent en place les systèmes de cultures, c'est-à-dire la rotation des cultures et les itinéraires techniques. Ces niveaux sont étroitement imbriqués. Un bassin versant agricole est une mosaïque de parcelles et d'espaces interstitiels dont la gestion se décide principalement à l'échelle de l'exploitation agricole. Selon sa taille et son hétérogénéité, il assemble un ou plusieurs types de paysages, de systèmes de production agricoles.

L'atelier de production animale, sous-ensemble de l'exploitation, a un lien plus ou moins fort au sol, notamment par le degré de l'alimentation animale qui vient des sols de l'exploitation même, par rapport à celle qui vient d'ailleurs, puis par le degré de retour des déjections animales sur les sols de l'exploitation, par rapport à celles exportées. Les

Figure 1.1. Systèmes et processus mis en jeu pour différents niveaux de gestion de l'azote.



caractéristiques et la position des parcelles de l'exploitation dans le paysage déterminent si l'azote produit sous la couche racinaire pourra ou non être réutilisé dans les jours et semaines qui suivent, sur la parcelle elle-même, ou après son transfert, dans les zones basses du paysage, là où la nappe est proche de la surface du sol.

Il existe ainsi de nombreuses interactions spatiales et temporelles entre ces différents niveaux d'action. De ce fait, une approche systémique des transferts de l'azote, à l'échelle du bassin versant, est intéressante car elle permet d'intégrer le fonctionnement des agro-systèmes et ses interactions avec les milieux. Au niveau du territoire, il s'agit d'intégrer des dimensions sociales et économiques. L'exploitation a des liens forts avec les filières amont (par ex., intrant, matériel agricole...) et aval (par ex., produits) particulièrement dans les filières de production animale, rendant toute transition de système plus difficile. Il faut alors faire appel à de nouveaux concepts, relevant de ce qu'il est convenu d'appeler une « agronomie des territoires » (Benoît *et al.*, 2012).

Mieux connaître le cycle de l'azote dans les paysages

■ Le cycle de l'azote, un cycle biogéochimique complexe

Le cycle de l'azote dans le bassin versant met en jeu de nombreuses espèces chimiques dont la composition varie au sein des différents compartiments de l'environnement. Le sol joue un rôle important dans les transformations de l'azote, l'incorporant dans la matière organique et le libérant par minéralisation. Cette incorporation et cette libération impliquent des dynamiques biologiques liées au développement des plantes et à l'activité des micro-organismes du sol, et donc à la composition de la matière organique, aux conditions d'humidité et de température. Ces caractéristiques varient dans l'espace et le temps au sein du bassin versant, et avec elles les émissions d'azote vers l'eau et l'atmosphère. Le nitrate produit sous la couche racinaire est principalement le résultat de la gestion agricole du sol. Une fois émis sous la couche racinaire, il est transféré ou transformé dans le paysage : un peu de nitrate repartira vers l'atmosphère sous forme de N_2 , ou restera sous sa forme d'origine dans la nappe, le reste atteignant l'exutoire du bassin versant par différentes voies de transfert, plus ou moins profondes et plus ou moins rapides.

Les différentes voies d'entrée et de sortie du cycle de l'azote dans le bassin versant sont difficiles à estimer par les seules observations et sont quantitativement très proches les unes des autres : que ce soit pour les entrées (dépôt atmosphérique, fixation symbiotique...), les stockages ou les sorties selon les différents compartiments de l'environnement (sol, eau, air). Le tableau 1.1 montre l'ensemble de ces entrées et sorties d'azote, estimées par modélisation, pour un des bassins versants qui alimentent la baie de la Lieue de Grève : les émissions vers l'eau sont proches des dépôts atmosphériques, les variations de stock dans le sol sont proches de la dénitrification... Chaque terme a son importance et une erreur sur l'un peut impacter l'estimation des autres.