

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE des SCIENCES AGRONOMIQUES de BORDEAUX AQUITAINE
1, cours du Général de Gaulle - CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du titre
d'Ingénieur de Bordeaux Sciences Agro

Evaluation des impacts des actions Innovation, Recherche et Développement sur l'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates en Bretagne

Arnoux, Lola

Spécialisation : Agricultures, Proximité et Territoires d'ici et d'ailleurs

Étude réalisée à : Chambre d'Agriculture de Bretagne

Rue Maurice Le Lannou - CS 74223 - 35042 Rennes Cedex

Maître de stage : Mathieu Merlhe

Enseignante référente : Adeline Alonso Ugaglia



THE FRENCH MINISTRY OF AGRICULTURE

NATIONAL SCHOOL of AGRICULTURAL SCIENCES and ENGINEERING, BORDEAUX
AQUITAINE

1, cours du Général de Gaulle - CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

MASTER THESIS

Submitted in fulfillment of the requirements for the degree of
Agricultural Engineer, Bordeaux Sciences Agro

Assessment of the Impacts of Innovation, Research and Development Actions by the Brittany Chamber of Agriculture on Improving Water Quality through Nitrate Reduction

Arnoux, Lola

Specialization : Agricultures, Proximité et Territoires d'ici et d'ailleurs

Study completed at : Chambre d'Agriculture de Bretagne

Rue Maurice Le Lannou - CS 74223 - 35042 Rennes Cedex

Internship supervisor : Mathieu Merlhe

Referente teacher : Adeline Alonso Ugaglia

Remerciements

Ce stage fut pour moi fort riche en enseignements. Il s'achève avec la finalisation de ce mémoire, que j'ai la fierté d'avoir produit, toute faille qu'il puisse contenir.

Pour m'avoir soutenue dans ce périple, je souhaite remercier les collègues du pôle élevage de la Chambre d'agriculture de Bretagne qui m'ont chaleureusement accueillie. Merci à Pierre, Elodie, Anne-Claude, Marie-France, Sylvie, Philippe, Alice, Sophie, Sabrina et tous les autres. Je souhaite particulièrement remercier « la jeunesse CRAB » en souvenir de nos balades du midi et de nos belles discussions. Merci à Quentin, Agathe et Anna d'être des stagiaires hors du commun. Et merci à Marie et Enora pour leur implication, leurs encouragements et leur soutien aux stagiaires tout au long de ces 6 mois, et surtout pour leur bonne humeur et leur humour à toute épreuve. Ce stage aurait été plus triste sans la présence solaire et enthousiaste de ma partenaire de bureau Lou-Ann, que je remercie chaleureusement pour son aide précieuse et son soutien, à travers un travail collaboratif enrichissant. Je remercie aussi Francesca et Marianna pour leur accueil et leur accompagnement dans les événements du pôle agronomie ou encore sur le terrain.

Pour m'avoir suivie, aidée, encadrée avec la présence et l'espace nécessaires à ce genre de tâche, je remercie Mathieu Merlhe, sans qui ce mémoire n'aurait pas abouti. Merci de m'avoir apporté et appris tout au long de ce stage grâce à ton expertise, ton management bienveillant et ton sens de l'organisation. Pour son implication et son expertise d'une aide précieuse durant les moments charnières de la création de ce mémoire, je remercie également ma co-encadrante Laure Beff. Merci à Anne Courtois qui a su me guider dans le flou des réglementations et à Marek Duputel pour sa relecture et ses corrections détaillées.

Je remercie aussi les personnes qui ont soutenu le projet telles que les chercheuses de l'INRAE spécialistes ASIRPA, l'ACTA et le MASA.

Merci à tous les collaborateurs, salariés, élus, professionnels qui ont pris le temps de me recevoir dans leurs locaux et de répondre à mes questions. Merci pour leur bienveillance, leur implication, pour l'apprentissage et les discussions stimulantes.

Je remercie aussi sincèrement l'équipe pédagogique de Bordeaux Sciences Agro, notamment mes enseignantes de la spécialisation APTERIA, pédagogues inspirantes et formatrices exemplaires : Nathalie Corade, Marie Boutry, Margaux Alarcon. Je remercie particulièrement Adeline Alonso Ugaglia pour son précieux suivi et ses conseils avisés dans la réalisation de ce mémoire.

Pour cette année mais aussi toutes les autres depuis mon arrivée à Bordeaux, je remercie les étudiants de la promotion 2025 APTERIA aux côtés desquels j'ai pu grandir en tant que future ingénieure agronome. Merci aux amis, aux connaissances, à l'ambiance unique de BSA, pour cette époque de ma vie qui restera sans nul doute gravée dans ma mémoire.

Enfin je remercie ma famille, et tout particulièrement ma mère qui, par sa détermination et son courage, m'a permis de vivre tout cela.

Table des matières

Introduction.....	1
I) La prise en compte des enjeux nitrates par la Chambre d'Agriculture de Bretagne : de la nécessité d'évaluer les impacts de la recherche appliquée	2
I.1 La modernisation agricole en Bretagne et ses impacts sur la qualité de l'eau : enjeux sanitaires et environnementaux.....	2
I.1.a Histoire de l'agriculture en Bretagne	2
I.1.b L'agriculture dans le cycle de l'azote.....	4
I.1.c Impact de l'augmentation de la concentration de nitrates dans les eaux : une ressource en eau potable détériorée et le phénomène des marées vertes.....	5
I.2 Un enjeu d'innovation pris en charge par la Chambre d'Agriculture de Bretagne	6
I.2.a Des enjeux d'innovation : de la production d'innovation par la recherche appliquée, à la diffusion et au transfert de connaissances	6
I.2.b L'écosystème de l'innovation, recherche et développement de l'agriculture en France et son rôle dans la création et l'accompagnement au développement d'innovations	8
I.2.c Missions et rôle stratégique de la Chambre d'agriculture de Bretagne, acteur clé de l'agro-innovation.....	9
I.3 Méthode d'évaluation de la recherche « ASIRPA » : cadre conceptuel.....	10
I.3.a Les différentes approches « Research Impact Assessment ».....	10
I.3.b La démarche ASIRPA pour évaluer l'impact sociétal.....	13
I.3.c Une méthode réadaptée par l'ACTA et le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire	13
I.4 Mise en œuvre de la méthode ASIRPA pour étudier l'enjeu nitrates : une double approche régionale et territoriale	14
I.4.a Le choix d'une thématique nitrates et d'un axe territorial : une approche régionale et une approche plus spécifique sur le bassin-versant de Saint-Brieuc	14
I.4.b Un guide d'entretien qualitatif pour la collecte des données auprès des professionnels du sujet nitrates.....	16
I.4.c Une grille d'analyse déductive basée sur le chemin d'impacts de la méthode ASIRPA	18
I.4.d La construction des outils méthodologiques grâce aux données analysées.....	18
II) Le chemin d'impact de la réduction des nitrates : recherche appliquée, transformations agricoles, impacts territoriaux et enseignements méthodologiques	20
II.1 L'écosystème d'innovation breton répond à la problématique de gestion de l'azote par la recherche et le déploiement de solutions techniques.....	20
II.1.a Les nitrates en Bretagne : les acteurs du monde agricole qui tente de s'adapter, au cœur des polémiques et de la réglementation.....	21
II.1.b Productions de connaissances variées, par différents acteurs, sur les pratiques de gestion de l'azote	27
II.1.c Création et développement de multiples solutions et outils innovants	33

II.1.d Des modes de déploiement variés pour optimiser l'adoption des solutions et outils innovants	37
II.2 L'agriculture bretonne se transforme avec des résultats environnementaux encourageants mais des effets socio-économiques qui divisent les acteurs du territoire.....	41
II.2.a Les transformations sont portées par les solutions simples et/ou rentables privilégiées par les agriculteurs et les acteurs de terrain	41
II.2.b Les impacts positifs de la recherche appliquée de la Chambre d'agriculture sont environnementaux, sanitaires et politiques.....	43
II.2.c Des impacts économiques et sociaux très débattus par les acteurs	46
II.2.d Les freins et limites à la réduction des nitrates en Bretagne observés par les acteurs du monde agricole.....	48
II.3 L'évaluation des impacts de la recherche appliquée génère des enseignements méthodologiques et peut être valorisée dans les pratiques IRD de la Chambre d'Agriculture	50
II.3.a Intégration de la méthode et des résultats de l'étude de cas dans l'élaboration d'une nouvelle stratégie IRD, la construction de futurs projets et la communication	50
II.3.b Réflexion sur l'amélioration de la mise en œuvre de la méthode ASIRPA (réadapté par l'ACTA) par la Chambre d'agriculture de Bretagne	52
Conclusion	54

Liste des illustrations

Figure 1 : Spécialisation des communes en production agricole en 2020 (Lesaint, Chevin 2022)	3
Figure 2 : Le cycle de l'azote d'un sol cultivé (réalisée par Laure BEFF, 2025).....	4
Figure 3 : Courbe d'adoption de l'innovation((Monet 2022) et modifiée par Lola Arnoux, 2025)	7
Figure 4 : L'écosystème Recherche Innovation Développement national (réalisée par Mathieu Merlhe, 2025).....	8
Figure 5 : Nombre de projets sur lesquels la Chambre d'Agriculture de Bretagne est engagé ou participe selon différentes thématiques sur la dernière mandature (2019-2025) (Chambre d'agriculture de Bretagne, communication personnelle)	9
Figure 6 : Les cinq dimensions de l'impact sociétal (Joly, Gaunand, et al. 2015).....	13
Figure 7 : Chronologie du déroulé du stage de mars à août 2025 (réalisée par Lola Arnoux, 2025)....	14
Figure 8 : Délimitation du SAGE de la baie de Saint-Brieuc et ses bassins-versants (Commission local de l'eau 2017).....	16
Figure 9 : Arbre des problèmes générique tiré du guide méthodologique (ACTA, 2024).....	18
Figure 10 : Carte de l'écosystème des acteurs générique (source interne de l'ACTA)	19
Figure 11 : Chronologie générique tirée du guide méthodologique (ACTA, 2024).....	19
Figure 12 : Chemin d'impact générique et sa légende tiré du guide méthodologique (ACTA, 2024)...	20
Figure 13 : Carte de l'écosystème des acteurs de l'étude de cas "amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates" (réalisée par Lola Arnoux, 2025)	21
Figure 14 : Chronologie de l'étude de cas "amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates" (réalisée par Lola Arnoux, 2025)	22
Figure 15 : Arbre des problèmes de l'étude de cas "amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates" (réalisée par Lola Arnoux, 2025)	23
Figure 16 : Chemin d'impacts de l'étude de cas "amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates" (réalisée par Lola Arnoux, 2025).....	28
Figure 17 : Evolution de la pression en azote total pour les bassins versants entre 2015 et 2018 (Loyon et al. 2022).....	44
Figure 18 : évolution de la concentration en nitrates en Bretagne (moyenne du Q90 du Réseau de Contrôle de Surveillance) (Herber, Ferry 2019)	45
Figure 19 : Evolution des quantités d'algues vertes ramassées (Herber, Ferry 2019).....	45
 Tableau 1 : Liste des acteurs enquêtés dans le cadre de l'étude de cas : Amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates (réalisé par Lola Arnoux, 2025)	17

Liste des abréviations

ACASSYA - ACcompagner l'évolution Agroécologique deS SYstèmes d'élevAge
ACTA - Association de Coordination Technique Agricole
ASIRPA - Analyse des Impacts de la Recherche Publique Agronomique
BRS - Bilan Réel Simplifié
BV - Bassin-Versant
CAB - Chambre d'Agriculture de Bretagne
CASDAR - Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural
CELIB - Comité d'étude et de liaison des intérêts bretons
CEVA - Centre d'étude et de valorisation des algues
CGDD - Commissariat Général au Développement Durable
CIMS - Cultures Intermédiaires Multi-Services
CIPAN - Cultures Intermédiaires Pièges À Nitrate
CIVE - Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique
CIVAM - Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural
CNDP - Commission nationale du débat public
CORPEN - Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement
CUMA - Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole
DEXEL - Diagnostic Environnemental d'Exploitation d'Élevage
DRAAF - Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
DREAL - Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ETA - Entreprises de Travaux Agricoles
GAB - Groupements d'Agriculteurs Biologiques
GREN - Groupe Régional d'Expertise Nitrates
H₂S - Hydrogène sulfuré
HCSP - Haut conseil de la santé publique
ICPE - Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
Ifremer - Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
IFIP - Institut du Porc
INERIS - Institut national de l'environnement industriel et des risques
INRAE - Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
IRD - Innovation, Recherche et Développement
JUBIL - JUs-de-base-de-tige et BILan
MAEC - Mesures agro-environnementales et climatiques
MASA - Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire
N - Azote
N₂O - protoxyde d'azote
NH₃ - ammoniac
NH₄⁺ - ion ammonium
N_{min} - azote minéral
NO₃⁻ - ion nitrate
Norg - azote organique
OAD - Outils d'aide à la décision
ONVAR - Organisme National à Vocation Agricole et Rurale
PAC - Politique Agricole Commune
PAEC - Projets Agro-Environnementaux et Climatiques
PAN - Programme d'action national
PAR - Programmes d'actions régionaux

PLAV - Plan de lutte contre les algues vertes
PMPOA - Programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole
PPF - Plan de fumure prévisionnel
PRO - Produit résiduaire organique
PSE - Paiements pour services environnementaux
RDD - Reliquat début drainage
RIA - Research Impact Assessment approaches
RMT - Réseaux Mixtes Technologiques
RPA - Reliquat post absorption
RSH - Reliquat sortie d'hiver
SAFER - Société d'Aménagement Foncier et d'Établissement Rural
SAGE - Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SAU - Surface Agricole Utile
SDAGE - Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Ressources en Eau
SIAMPI - Social Impact Assessment Methods for research and funding instruments through the study of Productive Interactions
STBFN - Systèmes à très basses fuites d'azote
STICS - Simulateur mulTIdisciplinaire pour les Cultures Standard
TNT2 - Topography-based Nitrogen Transfert and Transformations
UGB JPP - Unité de Gros Bétail Journée de Présence au Pâturage
UMR SAS - Unité Mixte de Recherche Sol Agro et hydro-Système
ZSCE - Zones sous contraintes environnementales

Introduction

Véritable terre d'agriculture et d'élevage, l'enjeu de la qualité de l'eau est particulièrement marqué en Bretagne et s'inscrit dans une problématique ancienne : depuis plus de quarante ans, la gestion de la teneur en nitrates constitue un sujet central des politiques publiques et des dynamiques territoriales de la région. Dès lors, divers acteurs – agriculteurs, techniciens, chercheurs, élus et organismes financeurs – collaborent autour d'un objectif commun : réduire les concentrations de nitrates dans les rivières et les nappes phréatiques, afin d'assurer la conformité des captages d'eau potable et de limiter la propagation des algues vertes sur le littoral breton. Ces problématiques s'inscrivent dans un contexte d'évolution profonde de l'agriculture au cours du siècle dernier. L'agrandissement et la spécialisation des exploitations ont amélioré la productivité, tout en générant de nouveaux défis environnementaux. Dans ce cadre, le développement et la diffusion de solutions innovantes – qu'elles proviennent de la recherche ou des pratiques mises en place par les agriculteurs eux-mêmes – apparaissent essentiels. Pour être qualifiée d'« innovation », une solution doit non seulement être adoptée par les acteurs visés, mais aussi produire des effets tangibles, qu'ils soient sociaux, économiques, politiques, sanitaires ou environnementaux (Cour des Comptes 2025). L'accompagnement des agriculteurs dans cette transition est donc un levier majeur pour favoriser l'émergence de nouvelles pratiques agricoles.

La Chambre d'Agriculture de Bretagne (CAB) occupe un rôle central dans la gestion de cette problématique relative à la teneur en nitrates dans les eaux. Interlocuteur privilégié des pouvoirs publics et porte-parole du secteur agricole, elle contribue activement à la production et à la diffusion des connaissances relatives aux enjeux agricoles (Cour des Comptes 2025). Sa première mission consiste à accompagner les agriculteurs à travers la formation, le conseil individuel et collectif, ainsi que l'animation de projets collaboratifs sur le territoire. Pour appuyer ces actions de développement, la Chambre d'Agriculture s'engage dans des programmes de recherche appliquée, visant à répondre aux défis spécifiques rencontrés par le monde agricole. La recherche appliquée occupe ainsi une place majeure au sein de l'institution, qui s'implique depuis quarante ans sur la question des nitrates. Au fil des années, de nombreuses innovations ont été déployées en Bretagne afin de répondre aux exigences réglementaires et sociétales, rendant nécessaire une évaluation de leurs effets sur le long terme. Dans cette optique, la Chambre d'Agriculture de Bretagne initie une démarche visant à mesurer l'impact sociétal de ses actions en matière d'innovation, recherche et développement (IRD). L'objectif est de comprendre les effets réels de ces travaux, d'identifier les progrès accomplis et de mieux intégrer la notion d'impact dans la conception des futurs projets et dans la stratégie globale de l'IRD. Cette étude s'adresse autant aux décideurs publics qu'aux équipes et élus de la CAB et aux partenaires régionaux et nationaux impliqués dans la recherche et le développement, ainsi qu'aux financeurs et agriculteurs.

Ce mémoire est réalisé dans le cadre d'un stage de fin d'études au sein de la Chambre d'Agriculture de Bretagne à Rennes, sous l'encadrement de Mathieu Merlhe (chargé de mission IRD et Europe) et de Laure Beff (chargée de gestion des sols et de la fertilisation). **Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact sociétal – social, sanitaire, économique, environnemental et politique – des actions d'innovation, recherche et développement engagées par la Chambre d'Agriculture de Bretagne et ses partenaires sur l'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates depuis les années 1980.**

Il est supposé que l'ensemble des travaux de recherche appliquée a induit des transformations perceptibles des systèmes agricoles à travers l'évolution structurelle des exploitations agricoles et des pratiques agronomiques, zootechniques, organisationnelles des agriculteurs.

Dans cette étude, nous verrons, tout d'abord en quoi la modernisation agricole en Bretagne a eu des impacts sur la qualité de l'eau, en mettant en lumière les enjeux sanitaires et environnementaux associés à la gestion de l'azote. Par la suite, nous examinerons le rôle central de la Chambre d'Agriculture de Bretagne dans le pilotage de l'innovation agricole et nous présenterons la méthode ASIRPA, utilisée pour évaluer les effets de la recherche. La mise en œuvre de cette méthode sera ensuite détaillée. En seconde partie nous nous concentrerons sur le chemin d'impact de la recherche appliquée de la CAB sur la réduction des nitrates : nous étudierons l'histoire réglementaire de la gestion de l'azote puis le développement des connaissances et résultats. Enfin, nous verrons les transformations et impacts générés et nous conclurons sur la possible valorisation de l'étude dans les pratiques d'Innovation et Recherche Développement (IRD) de la Chambre d'Agriculture.

I) La prise en compte des enjeux nitrates par la Chambre d'Agriculture de Bretagne : de la nécessité d'évaluer les impacts de la recherche appliquée

I.1 La modernisation agricole en Bretagne et ses impacts sur la qualité de l'eau : enjeux sanitaires et environnementaux

I.1.a Histoire de l'agriculture en Bretagne

Historiquement, la Bretagne possède un sol peu productif, pauvre en phosphore et acide. Dès le XIX^e siècle, la fertilisation phosphatée par chaulage et apports de phosphates naturels, s'impose donc comme un levier majeur pour corriger les carences en phosphore caractéristiques des sols bretons et ainsi augmenter les rendements des cultures (Boulaine 2006). Cependant, à la fin de la Seconde Guerre Mondiale, la Bretagne est toujours un territoire où l'on trouve de nombreuses petites exploitations de polycultures-élevage (moyenne de 10ha), aux rendements plutôt faibles. La région constitue 8% de la production française pour 6% de la superficie agricole. Considérée comme économiquement en retard face au reste de la France, un élan de modernisation se développe en 1950 (début de la révolution agricole) avec la création du CELIB (Comité d'étude et de liaison des intérêts bretons), qui a pour objectif le désenclavement de la Bretagne et la promotion de son développement économique. Le CELIB permet notamment la création d'un « plan routier breton » (1968) qui prévoit la construction d'un réseau routier moderne et gratuit (Lambert 1972). Dans le même temps, l'usage d'engrais phosphatés minéraux se massifie. Cette amélioration chimique rend possible l'implantation de légumineuses fourragères et dynamise la production céréalière, permettant une agriculture plus productive (Boulaine 2006). La productivité du sol breton n'est donc plus ralentie par un sol acide en manque de phosphore, c'est dorénavant le manque d'azote qui limite le rendement.

C'est entre 1909 et 1913, en Allemagne, que Fritz Haber et Carl Bosch créent le procédé Haber-Bosch, processus chimique qui synthétise l'ammoniac à partir de l'azote de l'air et de l'hydrogène ; cette découverte majeure signe le début de la production chimique des engrais azotés. Dans une France d'après-guerre, l'Etat souhaite assurer au mieux sa souveraineté alimentaire et applique une politique de production et de spécialisation. En Bretagne, on utilise donc les engrais azotés pour augmenter le rendement végétal mais aussi pour cultiver des plantes très protéinées, que l'on donne sous forme de concentré aux animaux d'élevage, rendant ainsi possible l'augmentation de la production animale sur une surface plus faible. La quantité

d'effluent augmente aussi par rapport aux surfaces cultivées, et de nouvelles formes d'engrais apparaissent, tel que le lisier, avec les méthodes d'élevage hors sol. Les animaux d'élevage sont aussi nourris avec des produits importés, d'autres régions françaises ou d'autres pays. Ce nouveau modèle agricole, concentre l'azote dans des zones spécifiques, notamment les zones d'élevage (La CNDP 2021; Département du Finistère 2021). Il y a une augmentation de la production rendue aussi possible par des améliorations techniques : introduction du maïs, développement de la technicité et des bâtiments d'élevage. De plus, en France, les lois d'orientation de 1960 et 1962 à l'initiative du ministre de l'Agriculture Edgard Pisani, met en place la réorganisation du domaine foncier agricole, notamment par la politique de remembrement, encourageant la constitution d'exploitations plus grandes et mieux adaptées aux outils de production modernes. Le territoire breton évolue progressivement d'un mode de polyculture-élevage traditionnel vers un modèle agro-industriel inscrit dans les logiques de marché, bien que la propriété des facteurs de production (terre, travail et capital) demeure entre les mains des exploitants agricoles. Les exploitations d'élevage deviennent plus intensives, spécialisées, concentrées. En 1985, 90% de la surface agricole bretonne est consacrée à l'alimentation du bétail (Cocaud 1992). On note une diminution du nombre d'exploitations, compensée par une augmentation de leur taille moyenne et de leur niveau technologique. Cette évolution illustre la mutation vers une agriculture intensive et structurée, caractéristique de la Bretagne contemporaine (Daucé, Guigueno 1984). En 2020, la région Bretagne est donc une terre d'élevage (figure 1) (Lesaint, Chevin 2022). En effet, d'après le rapport chiffré de la CAB en 2024, la Bretagne élève 56% du cheptel porcins français en 2023 (12,87 millions de porcs charcutiers abattus) et 30% des poulets français (480 000 tonnes de viande de volaille produites). Pour les bovins, elle élève 20% du cheptel de vaches laitières français en 2023 (705 000 vaches laitières), 10% du cheptel de gros bovins viande français (111 020 tonnes) et 18% du cheptel de veaux de boucheries (27 110 tonnes) (Chambre d'Agriculture de Bretagne 2024).

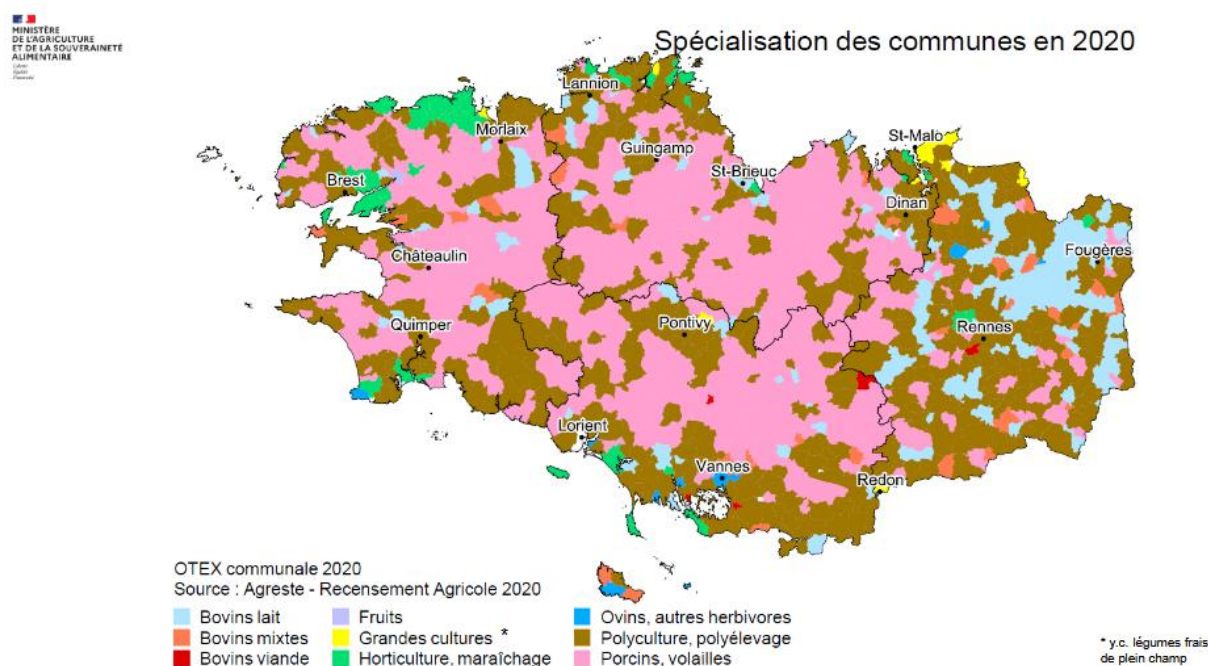


Figure 1 : Spécialisation des communes en production agricole en 2020 (Lesaint, Chevin 2022)

1.1.b L'agriculture dans le cycle de l'azote

Avec cette intensification de l'agriculture bretonne et l'utilisation des engrais azotés et des effluents d'élevage, l'eau a commencé à présenter des taux de nitrates de plus en plus élevés. L'azote est un nutriment qu'on retrouve dans la nature, sous forme gazeuse, organique et minérale. Il est essentiel au développement des organismes vivants (composant des protéines notamment) et donc des cultures (c'est d'ailleurs le principal facteur limitant le rendement aujourd'hui). Les plantes n'absorbent que l'azote sous sa forme minérale.

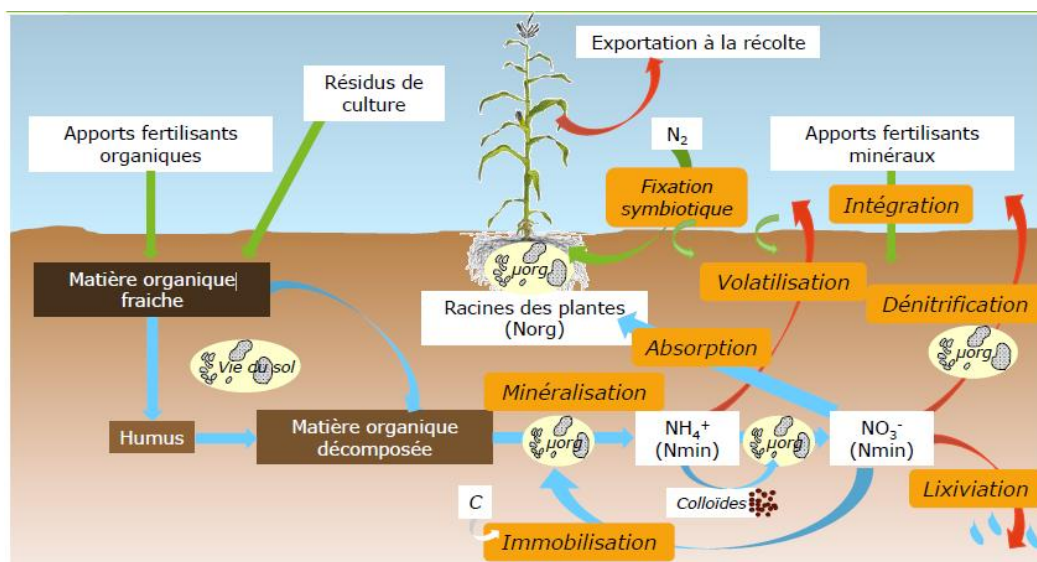


Figure 2 : Le cycle de l'azote d'un sol cultivé (réalisée par Laure BEFF, 2025)

Le cycle de l'azote dans le sol représente un ensemble complexe de transformations biochimiques où cet élément nutritif circule continuellement entre ses différentes formes organiques et minérales (figure 2). Le système reçoit de l'azote par les apports de fertilisants organiques (effluents d'élevage) et minéraux (engrais azotés), la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (N_2) par certaines bactéries associées aux légumineuses, ainsi que par les résidus de culture. L'azote organique (Norg) présent dans les tissus végétaux et la matière organique fraîche subit une décomposition progressive sous l'action de la vie du sol, évoluant vers l'humus par le processus de minéralisation qui libère des ions ammonium (NH_4^+) et nitrates (NO_3^-). Ces formes d'azote minéral (Nmin) peuvent être absorbées par les racines des plantes, immobilisées temporairement par les micro-organismes, ou perdues par lixiviation des nitrates, dénitrification vers l'atmosphère, ou volatilisation de l'ammoniac gazeux. L'azote quitte également le système par l'exportation à la récolte des cultures. Ce cycle présente une saisonnalité marquée : au printemps et en été, la matière organique se minéralise activement et fournit l'azote nécessaire à la croissance des cultures, dont la production est ensuite exportée et destinée à l'alimentation animale et humaine, tandis que les résidus de culture sont restitués au sol pour devenir de la nouvelle matière organique. En automne, le sol peut encore contenir de l'azote minéral résiduel, principalement sous forme de nitrates (NO_3^-) qui sont entraînés par lixiviation lorsque la lame drainante (cumul des eaux de pluie dépassant la capacité de rétention du sol et percolant au-delà de la zone racinaire) transporte cet azote vers les nappes phréatiques ou les eaux superficielles. Par cette étude du cycle de l'azote, on comprend qu'une gestion optimale des apports d'azotes (organique et minéral) est déterminante pour assurer la nutrition azotée des cultures tout en limitant les fuites dans l'environnement.

À la fin de l'hiver (ou au printemps en fonction des cultures), les agriculteurs ajustent leurs apports en engrais selon le niveau d'azote présent dans le sol et le rendement de culture souhaité

en utilisant des effluents d'élevage, du compost et des engrais minéraux. Pour calculer la quantité d'azote nécessaire à apporter aux cultures, ils réalisent un plan prévisionnel de fumure, qui doit respecter un bilan équilibré en azote. Comme il s'agit d'un calcul prévisionnel, il ne prend pas en compte les conditions réelles de l'année et donc il peut y avoir un décalage entre le rendement prévu (et donc l'azote qui aurait dû être absorbé par la culture) et les besoins réels de la culture. De plus, les fournitures en azote du sol peuvent également être variables en fonction des conditions météo de l'année. A cause de ces variations, l'azote est à la base de plusieurs pressions environnementales. En période de drainage, les nitrates (NO_3^-) présents dans le sol peuvent être emportés par l'eau (lessivage), et peuvent se retrouver dans les eaux souterraines et les eaux de surface. L'ammoniac (NH_3) est formé à partir de l'azote contenu dans les déjections animales et les engrais minéraux. Lorsque ce gaz traverse l'atmosphère, il se redépote sur toutes les surfaces et peut également contaminer les eaux de surface et acidifier certains sols. Dans l'air, il précipite avec des éléments acides pour former des particules fines nocives pour la santé. Du protoxyde d'azote (N_2O) est également émis par l'élevage. Bien que ces quantités soient faibles, il s'agit d'un gaz à effet de serre très puissant (298 fois celui du dioxyde de carbone) et d'une très longue durée de vie (110 ans). Il participe à la destruction de la couche d'ozone (CGDD 2015).

I.1.c Impact de l'augmentation de la concentration de nitrates dans les eaux : une ressource en eau potable détériorée et le phénomène des marées vertes

La pollution aux nitrates des eaux résulte pour 94% de l'activité agricole, et affecte les rivières, nappes souterraines et littoraux régionaux. Historiquement, la concentration en nitrates dans les eaux bretonnes est rapidement montée dès les années 1980, avec une concentration de 25mg/L, jusqu'à atteindre en 1993 une moyenne de 53 mg/L dans les rivières, concentration supérieure au seuil réglementaire de 50 mg/L (seuil pour la potabilité de l'eau dans le périmètre de protection de captage), ce qui a conduit la région à être classée en zone vulnérable au titre de la Directive européenne Nitrates de 1991. En 2024, encore 14% des stations d'eau potable surveillées enregistrent des dépassements supérieurs à 50 mg/L, ce qui provoque la fermeture ou la restriction d'usage de certains captages d'eau potable (Eau et Rivières de Bretagne 2024). Cette persistance de la pollution a conduit à des injonctions récentes de justice à l'État pour renforcer les actions de lutte contre les nitrates. Cette forte teneur en nitrates a plusieurs impacts négatifs sur la qualité de l'eau. Elle rend le traitement de l'eau potable plus coûteux, en obligeant à des opérations plus complexes de dénitratisation et à la mise en place de réseaux d'interconnexions entre captages (Eau et Rivières de Bretagne 2023).

L'arrivée massive d'azote dans les bassins versants, sous forme minérale comme le nitrate ou l'ammonium, a aussi un impact fort sur l'environnement, ces nutriments étant naturellement en quantité limitée dans les écosystèmes (CGDD 2023). Dans les cours d'eau bretons, la concentration moyenne des nitrates stagne depuis 2014. Les flux de nitrates qui arrivent dans les baies ne sont pas liés qu'à la concentration mais aussi aux débits des rivières. C'est donc le volume d'eau qui transporte les nitrates qui détermine la charge totale en azote apportée à la baie. Une rivière peu concentrée en nitrates mais avec un débit très élevé peut ainsi apporter autant, voire plus d'azote, qu'une rivière très concentrée mais au faible débit. Par exemple, l'Ic, qui arrive en baie de Saint-Brieuc, affiche une concentration élevée (33mg/L), mais son flux de nitrates est faible car son débit est plutôt faible. En revanche, le Gouët (toujours vers Saint-Brieuc) a une concentration plus faible (autour de 19mg/L) mais son flux de nitrates est plus élevé (car son débit est important), ce qui favorise la prolifération des algues vertes.

Lorsque les éléments nutritifs azote et phosphore se retrouvent en excès dans les eaux de surface, un phénomène dénommé eutrophisation peut se produire, influencé par divers facteurs tels que la température ou l'éclairement. Ce phénomène entraîne une surcroissance végétale

(notamment des algues). Si le phosphore est l'élément limitant sur terre, l'azote demeure le facteur limitant dans la croissance des algues en milieu littoral. Sur la côte, la croissance massive d'algues vertes constitue une manifestation de l'eutrophisation, causée par un surplus de nutriments. L'échouage de ces algues vertes est communément désigné sous le terme de « marée verte ». Avec la transformation de l'agriculture entraînant une augmentation significative des concentrations d'azote dans l'eau et donc des flux d'azote vers la mer, ces phénomènes se sont intensifiés depuis les années 70. Pour contrer l'eutrophisation, il est donc nécessaire de diminuer les concentrations de nitrates dans l'eau. L'eutrophisation des eaux engendre de multiples conséquences. La décomposition des algues pose des risques dès qu'elles sont amassées en tas et/ou qu'une croûte se forme sous l'effet du soleil. Après 24 à 48 heures, la fermentation produit un gaz toxique (H₂S) pour l'homme et les animaux ; il est donc requis de les collecter pour protéger les citoyens et les usagers. Au-delà des coûts de collecte, la présence de marées vertes peut décourager le tourisme tout en nuisant aux activités de pêche et d'aquaculture. De plus, cette pollution perturbe les écosystèmes aquatiques, provoquant la disparition d'espèces sensibles (Ministère Aménagement du territoire Transition écologique 2020a).

En Bretagne, le phénomène des marées vertes est un problème environnemental et social majeur, frappant particulièrement huit baies soumises à des plans de lutte spécifiques. Chaque baie présente une forte réduction des concentrations de nitrates, mais reste à des niveaux plus ou moins haut, qui ne sont pas corrélées à la surface d'échouage des algues vertes : par exemple Saint-Brieuc (concentration de nitrates passant de 65.3 à 34.4 mg/L et 397.8ha de surface d'échouage), la Lieue de Grève (concentration de nitrates passant de 42.5 à 28mg/L et 56.3ha de surface d'échouage), et Horn-Guillec (concentration de nitrates passant de 107 à 60.3mg/L et 16.1ha de surface d'échouage) (Cour des comptes 2021). En effet, les bassins versants courts concentrent les flux, favorisant l'arrivée rapide de nutriments dans les baies. Aussi, les baies sont particulièrement accueillantes pour les algues vertes, avec des formes géologiques de baies fermées, des eaux calmes, peu profondes (estran plat) et claires, permettant le passage de la lumière (annexe I) (La CNDP 2021).

1.2 Un enjeu d'innovation pris en charge par la Chambre d'Agriculture de Bretagne

1.2.a Des enjeux d'innovation : de la production d'innovation par la recherche appliquée, à la diffusion et au transfert de connaissances

Cette problématique nitrates, devenue un enjeu central pour la région Bretagne à la vue des conséquences sanitaires et environnementales, va donc être étudiée afin de trouver des solutions, des innovations capables de transformer les pratiques afin de réduire les fuites d'azote. Une multitude d'acteurs collaborent sur ce projet, notamment la CAB, acteur majeur de l'Innovation, Recherche et Développement (IRD) dans le secteur agricole.

Définition et présentation des différents types d'innovation

Une innovation se définit par son adoption concrète et sa capacité à induire des changements et/ou à créer des impacts sociétaux (Cour des comptes 2025). Dans le domaine de l'agriculture, l'innovation se décline sous de nombreuses formes permettant aux agriculteurs d'adapter leurs pratiques selon leurs besoins, contraintes et objectifs.

L'innovation incrémentale renvoie à des améliorations progressives et continues des produits, services ou processus existants. Ces améliorations permettent de gagner en efficacité sans bouleverser l'organisation existante (Ministère de la culture 2018). L'innovation technique et technologique décrit l'introduction de nouveaux outils, machines, capteurs ou systèmes automatisés (Chambre d'Agriculture France 2024). Elle est notamment associée à l'utilisation

du numérique facilitant la gestion et l'analyse et permettant le partage d'expériences entre agriculteurs. L'innovation de rupture (ou disruptive) introduit une transformation radicale en proposant des solutions totalement nouvelles qui changent les pratiques ou créent de nouveaux marchés. Elles impliquent souvent une refonte des méthodes de travail (Amice 2025). L'innovation sous contrainte se traduit généralement en réponse à des contraintes fortes (réglementaires, économiques, sanitaires, climatiques, etc...) (Cour des comptes 2025). Enfin, l'innovation organisationnelle concerne les changements dans la gestion, l'organisation du travail ou la coopération entre acteurs. Elles améliorent la résilience et la performance globale des exploitations (El Kahri, El Amrani 2021).

La naissance et diffusion de l'innovation

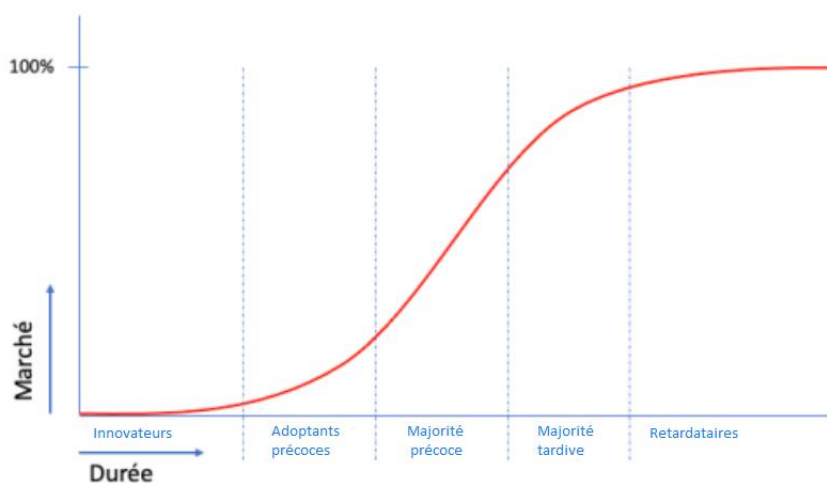


Figure 3 : Courbe d'adoption de l'innovation((Monet 2022) et modifiée par Lola Arnoux, 2025)

Selon Joseph Schumpeter, la naissance et le développement d'une innovation se déroule en trois phases : une phase de prise de risque pour élaborer de

nouveaux procédés, une phase de diffusion progressive de l'innovation pouvant bouleverser les pratiques et la troisième phase est atteinte quand l'innovation est intégrée par la majorité de la société (Alter 2000). Cette appropriation de l'innovation suit une courbe en S (figure 3) qui classe les adoptants en cinq catégories temporelles : innovateurs, adoptants précoces, majorité précoce, majorité tardive et retardataires.

Les trois premières catégories, considérées comme « entreprenantes », disposent généralement des ressources nécessaires pour adopter les innovations sans compromettre leur viabilité économique (Hovav, Schuff 2003). Les « innovateurs », également appelés « agriculteurs pionniers », se distinguent par leur capacité à développer et mettre en place eux-mêmes de nouvelles pratiques. Ils travaillent avec des chercheurs et des techniciens pour tester de nouvelles pratiques agronomiques, organisationnelles ou co-construire de nouveaux produits. Ils ont un rôle essentiel dans la diffusion des innovations puisqu'ils interviennent depuis sa conception jusqu'à sa distribution (Cour des comptes 2025). Ils permettent de partager de nouvelles informations à ceux qui ne les ont pas encore adoptées. En revanche, la catégorie « retardataires » qui adoptent ces innovations plus tardivement sont considérées comme « sceptiques et prudents ». Leur approche plus mesurée s'explique par une prise en compte accrue des risques, car un échec lié à l'innovation leur serait financièrement plus difficile à surmonter (Hovav, Schuff 2003). Les innovations qui sont largement diffusées seront davantage accessibles pour les agriculteurs plus réfractaires puisque les coûts vont diminuer. Aujourd'hui, le ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire souhaite élargir le champ de

diffusion et encourager l'adoption de nouvelles approches innovantes par les agriculteurs (Cour des comptes 2025). Cependant, porter une innovation n'est pas sans difficulté. Des chercheurs de l'INRAE ont décrit 3 types de freins :

- techniques : avec la création d'une nouvelle technique/pratique n'offrant pas systématiquement la même efficacité de rendement.
- économiques et commerciaux : une solution qui doit être rentable économiquement pour garantir les débouchés de l'innovation.
- sociaux et culturels : surmonter les réticences au changement et l'acceptation de nouvelles pratiques par les agriculteurs (Herve, Vial 2019).

1.2.b L'écosystème de l'innovation, recherche et développement de l'agriculture en France et son rôle dans la création et l'accompagnement au développement d'innovations

La recherche publique ou privée, fondamentale ou appliquée, reste le principal socle sur lequel s'appuient les futures innovations pour répondre aux besoins des agriculteurs. Elle doit veiller à prendre en compte les besoins des professionnels, les attentes de la société et se questionner sur sa facilité de mise en œuvre. Ainsi, établir des liens permanents entre la recherche, ses bénéficiaires et parties prenantes est essentiel pour garantir le bon déroulement du développement d'innovations. Laisser à la recherche le temps de développer des solutions alternatives avant de supprimer des modes de production remis en question contribue à éviter de placer les agriculteurs dans une impasse (Herve, Vial 2019). Le domaine de la recherche, l'innovation et le développement peut ainsi être comparé à un véritable écosystème étant donné les multiples interactions nécessaires entre les acteurs (figure 4).

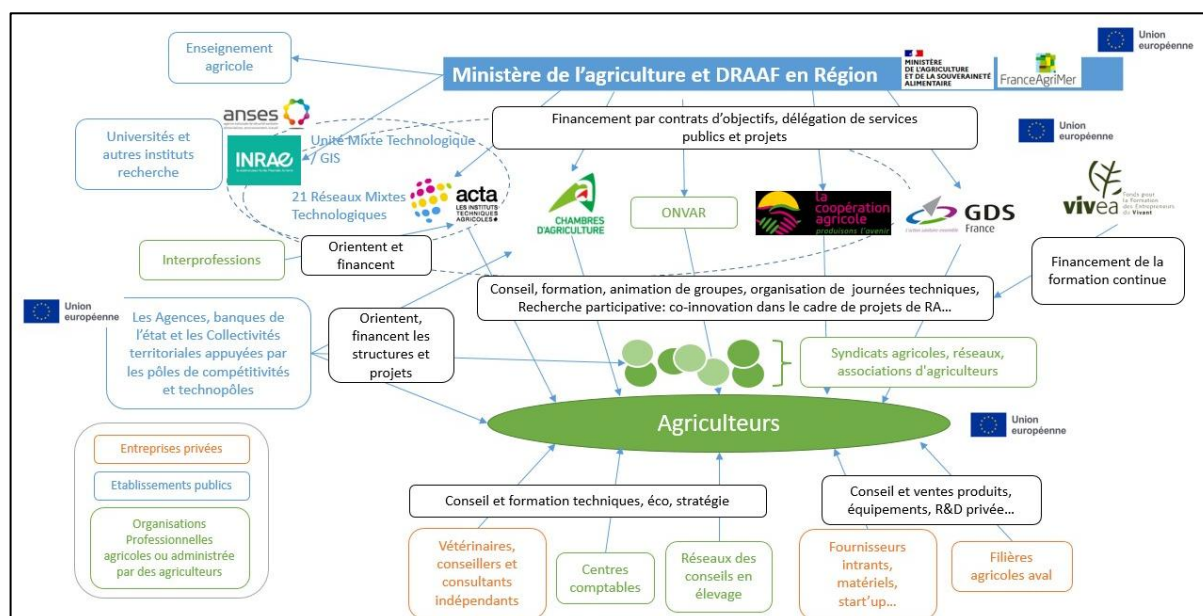


Figure 4 : L'écosystème Recherche Innovation Développement national (réalisée par Mathieu Merlhe, 2025)

L'écosystème français de recherche et développement agricole s'organise autour de plusieurs types d'acteurs : les entreprises privées, les établissements publics et les organisations professionnelles agricoles. Les agriculteurs occupent une position centrale, étant à la fois les principaux destinataires des solutions développées et les contributeurs financiers via leurs taxes et cotisations. Le Ministère de l'agriculture et la Direction Régionale (DRAAF) gèrent les

financements publics de la recherche, l'innovation et le développement agricole et est en lien étroit avec l'INRAE, organisme majeur de la recherche, rassemblant plus de 2000 chercheurs spécialisés dans l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. Les financements proviennent également d'autres structures : agences publiques, collectivités territoriales, fonds européens, interprofessions et sections syndicales. Les 19 instituts techniques, les Chambres d'Agriculture et les associations de développement (ONVAR) produisent des actions de recherches appliquées et de développement financées par le programme national de développement agricole. Ces structures ont ainsi pour objectif de développer des solutions techniques, des références, des outils et méthodologies de conseils et d'animations. Elles s'appuient sur des groupes et des réseaux d'agriculteurs, fermes et plateformes expérimentales. Les fermes expérimentales jouent un rôle majeur en testant les innovations en conditions réelles, fournissant des références techniques et économiques pour guider les décisions des agriculteurs (Cour des comptes 2025). Les relations entre les acteurs peuvent être illustrées par des structures hybrides comme les unités mixtes de recherche (UMR) et les Réseaux Mixtes Technologiques (RMT) tel que le RMT « bouclage » favorisant les échanges entre la science, les agriculteurs et la société. La Chambre d'Agriculture de Bretagne, impliquée dans 13 RMT, illustre cette dynamique collaborative.

L'ensemble des acteurs au sein de l'écosystème d'innovation, de recherche et de développement ont pour but commun d'offrir des solutions aux agriculteurs et de les accompagner dans la mise en œuvre des transitions (Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne 2024).

1.2.c Missions et rôle stratégique de la Chambre d'agriculture de Bretagne, acteur clé de l'agro-innovation

La Chambre d'agriculture de Bretagne a une place importante dans cet écosystème IRD. Cette structure est un établissement public, organisme consulaire à caractère économique. Elle est

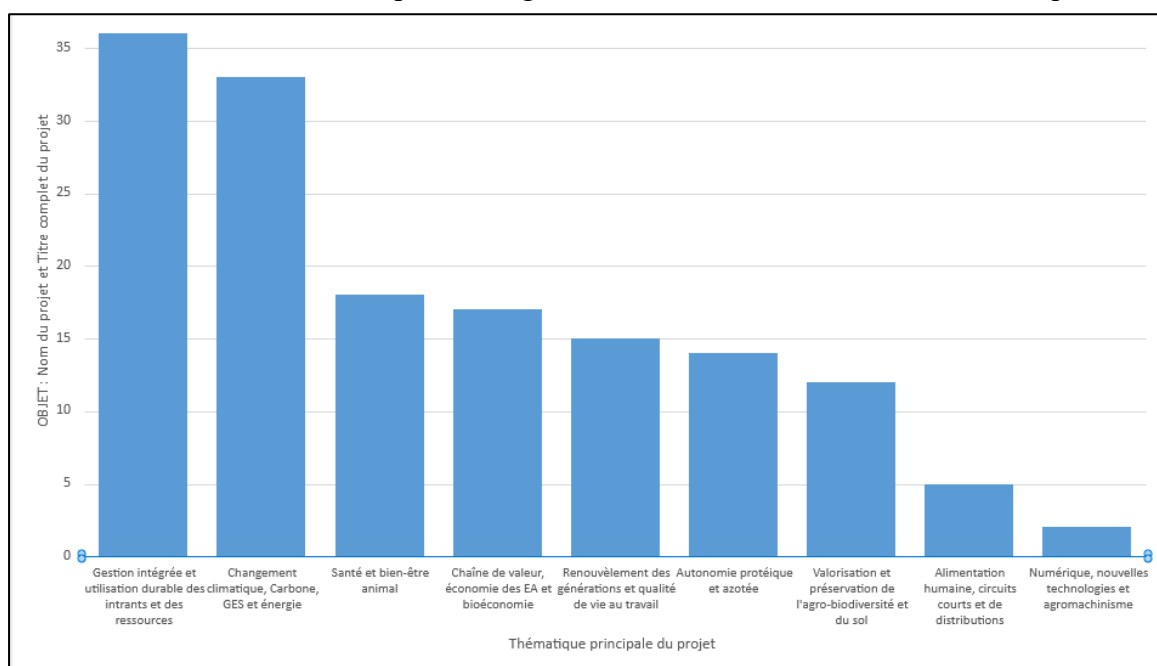


Figure 5 : Nombre de projets sur lesquels la Chambre d'Agriculture de Bretagne est engagée ou participe selon différentes thématiques sur la dernière mandature (2019-2025) (Chambre d'agriculture de Bretagne, communication personnelle)

placée sous tutelle de l'État et régie par le Code Rural. Elle a pour principales missions de conseiller les entreprises agricoles et les collectivités, d'organiser la formation professionnelle agricole, d'accompagner le développement des projets de territoire, d'être porte-parole de l'agriculture, interlocuteur des pouvoirs publics et enfin de développer et transférer les pratiques innovantes dans le cadre de projets de recherche appliquée. Elle possède son siège à Rennes et est ensuite organisée en plusieurs chambres territoriales réparties sur tout le territoire breton, notamment à Plérin (Côtes-d'Armor), Vannes (Morbihan) et Quimper (Finistère). Fondée en 1924, elle rassemble 180 membres élus qui représentent la profession agricole et 650 ingénieurs et techniciens dédiés à la recherche appliquée, l'animation, le conseil et à l'accompagnement de la filière agricole sur tout le territoire breton, auprès de 51500 agriculteurs et 25000 salariés agricoles et aides familiaux. Au cœur de sa mission, la Chambre d'agriculture gère des fermes expérimentales, dont la station bovin lait de Trévarez, la station porcine de Crécom, la ferme de maraîchage d'Auray, et le site grandes cultures et légumes de transformation de Kerguéhennec. Ces fermes développent et testent des pratiques agronomiques ou zootechniques, des équipements et des systèmes agricoles novateurs, tout en évaluant leur rentabilité, leur impact environnemental et leur potentiel technologique. Les équipes de recherche et développement (R&D) composées de conseillers, chargés d'études et responsables de fermes expérimentales ont pour objectif d'optimiser le lien entre les besoins des agriculteurs et des territoires et la valorisation des résultats des projets par la formation et le conseil. La cellule Innovation, Recherche et Développement (IRD) assure la transversalité entre les équipes, coordonne la réponse aux appels à projets et appuient les collègues à tous les stades d'un projet. Lors de la dernière mandature (2019-2025), sur les 152 projets décrochés, 36 portent sur la gestion intégrée et l'utilisation durable des intrants et des ressources (1^{ère} position en termes de nombre de projet) et 14 sur l'autonomie protéique et azotée (figure 5).

Ils sont majoritairement financés par le CASDAR mais l'Europe, la Région et les Agences de l'Eau ou plans nationaux sont également sources d'appel à projets. Ils produisent des références, des outils et des techniques innovantes adaptées à la diversité de l'agriculture bretonne (DREAL Bretagne 2019; Cour des Comptes 2025).

1.3 Méthode d'évaluation de la recherche « ASIRPA » : cadre conceptuel

1.3.a Les différentes approches « Research Impact Assessment »

Afin de comprendre les effets à long terme du développement et du déploiement des innovations, la CAB souhaite aujourd'hui procéder à une évaluation des impacts sociétaux de sa recherche appliquée, une démarche inédite pour une Chambre d'agriculture. Pour cela, elle s'est intéressée à une méthodologie particulière nommée ASIRPA (AnalySe des Impacts de la Recherche Publique Agronomique).

La question de l'impact de la recherche n'est pas nouvelle. Depuis les années 1950, on évalue les retombées économiques des investissements en recherche. Puis, dans les années 1960, la scientométrie a permis de mesurer sa valeur scientifique. En revanche, l'évaluation de sa valeur sociétale est plus récente : elle apparaît de façon rudimentaire dans les années 1980 et se généralise ensuite dans le monde universitaire sous l'effet d'une tendance plus large à la mesure de l'efficacité de l'administration publique (diffusion du New Public Management). À partir de 2001, diverses études émergent pour mesurer l'impact sociétal de la recherche. L'étude des

récits d'impact est mise au point dans le cadre de la méthode « impact narratives » pour les établissements d'enseignement supérieur britanniques en 2014 (Research Excellence Framework). Toutefois, il n'existe pas de méthodologie internationale sur cette thématique. En 2011, l'INRAE développe ASIRPA (AnalySe des Impacts de la Recherche Publique Agronomique), une méthode d'évaluation de l'impact de la recherche, ou Research Impact Assessment approaches (RIA), ex post fondée sur des études de cas standardisées et inspirée de la théorie de génération d'impact. Ce concept se base sur la théorie de l'innovation des acteurs-réseau, ou théorie de la traduction, développée par le sociologue Michel Callon en 1980 (Callon 1986). Le principe est que l'innovation n'est pas seulement définie par la production de connaissances, mais devient utile grâce à une série de transformation menée par différents acteurs. ASIRPA souhaite sortir d'une conception de l'impact focalisée sur le seul résultat (à l'origine, le terme désignant le choc d'un projectile à l'endroit où il atteint sa cible) et de mettre l'accent sur le caractère processuel et contextuel de l'impact.

Fournir des preuves fiables de l'impact sociétal est essentiel pour la communauté scientifique : cela justifie les financements, valorise les travaux et oriente les décisions futures. Les méthodes d'évaluation ne sont pas neutres ; elles influencent ce qui est considéré comme une recherche pertinente et bénéfique (Joly, Gaunand, et al. 2015; Smit, Hessels 2021). Les toutes premières méthodes de RIA se basent notamment sur la théorie traditionnelle de la production (Griliches 1958) : elles suivent un modèle linéaire de l'innovation, négligent les mécanismes en amont qui génèrent l'impact pour se centrer sur l'analyse des relations intrant / extrant. Cela leur permet de mesurer la productivité de la connaissance pour calculer le retour sur investissement (phénomène d'attribution). Ces méthodes plus anciennes étudient seulement l'impact économique (Joly, Gaunand, et al. 2015). On commence donc à étudier l'impact sociétal au début du XXI^e siècle. L'article de 2021 « The production of scientific and societal value in research evaluation: a review of societal impact assessment methods » de Smit et Hessels, présente une comparaison de 10 méthodes d'évaluation de l'impact sociétal de la recherche. Afin de mieux appréhender la méthode ASIRPA et de justifier ce choix pour notre étude, il est pertinent d'étudier les méthodologies similaires (tableau de comparaison de 10 méthodes d'évaluation en annexe II). Tout d'abord, pour la production de connaissances, toutes les méthodes incluent les chercheurs en tant qu'acteurs principaux mais elles se classent en trois mécanismes différents. Le *modèle linéaire* : les utilisateurs des connaissances sont des destinataires ; le *modèle cyclique*, mettant l'accent sur les mécanismes de rétroaction entre la production de connaissances et l'application des connaissances ; le *modèle de coproduction* pour expliquer à la fois la production et l'échange de connaissances, avec les utilisateurs et intermédiaires. De plus, ces méthodes ont une vision de la valeur sociétale qui peut se classer en trois grandes catégories. Le produit : la recherche produit quelque chose qui peut potentiellement être utilisé en dehors du monde académique ; l'usage : la recherche est utile lorsqu'elle est adoptée par des acteurs non académiques, le bénéfice : la valeur sociétale se traduit par des effets concrets sur la société, l'économie, l'environnement ou les politiques publiques. Ils s'appuient sur des indicateurs de changement au-delà du monde académique. Certaines méthodes combinent ces trois approches et voient la valeur sociétale comme mixte (Smit, Hessels 2021).

La méthode ASIRPA s'inspire spécifiquement de certaines de ces RIA.

- Le cadre de remboursement ou Payback framework (Buxton, Hanney 1996)

Créé afin d'évaluer les résultats des structures de recherche en santé, il permet d'analyser l'histoire d'une innovation depuis l'identification du sujet, le processus de recherche et les principaux résultats de la recherche, jusqu'aux différentes étapes de diffusion et résultats finaux. Il met en avant le rôle joué par les intermédiaires et les bénéficiaires. La collecte d'informations quantitatives et qualitatives sur l'impact provient de diverses sources (chercheurs impliqués, utilisateurs, panels d'experts, etc.) et se fait au moyen d'entretiens, de questionnaires et de recherches documentaires. Ce modèle d'évaluation de l'impact reste plus pertinent pour le secteur de la santé.

- Public Value Mapping (Bozeman 2003)

Il évalue les « valeurs publiques » de la science, ou « Knowledge Value Collective », c'est-à-dire les objectifs non scientifiques et non économiques de la recherche. Il se concentre non pas sur un seul acteur mais sur la dynamique du groupe social le plus large et inclut les intermédiaires en tant qu'acteurs clés de la production ou de l'échange de connaissances (Smit, Hessels 2021). Les différentes dimensions des impacts (ces valeurs publiques) ne sont pas définies concrètement. La contingence de celles-ci rend impossible leur agrégation et comparaison et ce qui empêche d'établir des mesures génériques.

- SIAMPI (Spaapen, Van Drooge 2011)

Il se concentre sur les « interactions productives » : échanges entre les chercheurs et les parties prenantes (industrie, organismes publics, gouvernement et grand public) impliqués dans la réalisation d'impacts sociétaux. Ces acteurs contribuent à la production de connaissances pertinentes, à leur appropriation, à leur diffusion et à leur application. Le SIAMPI soutient, avec d'autres approches, qu'il est nécessaire de passer de l'analyse d'attribution à l'analyse de contribution. Pour être plus clair sur cette notion, l'approche d'attribution, utilisée par les premières RIA, suppose que les différentes causes qui produisent un effet donné sont additives. Cependant, on observe une importance clé des interactions synergiques (non additives) dans les écosystèmes complexes d'innovation. Par conséquent, l'attribution peut être utilement remplacée par une approche de contribution qui consiste à illustrer la contribution des acteurs spécifiques, l'échange de connaissances et expertise entre ces acteurs pour mettre en avant ces interactions productives.

1.3.b La démarche ASIRPA pour évaluer l'impact sociétal

ASIRPA est une méthode qui s'intéresse aux mécanismes générateurs d'impacts. L'impact de la recherche est multidimensionnel, basé sur l'implication de réseaux d'acteurs variés, à différentes étapes et jouant des rôles divers, sur un chemin d'impact non linéaire (annexe III). ASIRPA est une approche qui se veut exhaustive : elle a un processus clair de sélection des études de cas et est reproductible, elle permet donc les comparaisons. Pour la sélection des dossiers, les créateurs de la méthode font le choix d'études de cas réussies (qui ont



Figure 6 : Les cinq dimensions de l'impact sociétal (Joly, Gaunand, et al. 2015)

effectivement généré de l'impact), représentatives de la diversité des missions de recherche de l'INRAE, avec un impact élevé et des données récentes et excellentes (validées par les pairs). Pour être utilisée de manière générique, il est ensuite nécessaire de standardiser les études de cas : analyse systématique des caractéristiques communes à tous les cas c'est-à-dire avec les mêmes outils (les outils ASIRPA sont présentés en annexe IV).

ASIRPA définit cinq dimensions d'impact sociétal :

impacts économiques, environnementaux, sociaux, sanitaires et politiques. Afin de mesurer les impacts de chaque dimension, les chercheurs ont développé des grilles subdivisant les dimensions en différents axes (présentés figure 6). Grâce à ces grilles, soumises à la critique d'un panel d'experts, il est possible de quantifier les impacts dans un vecteur d'impact, représenté par un radar (annexe V). Cette quantification nécessite une comparaison avec plusieurs études de cas et ne sera pas réalisable dans notre cas (Joly, Gaunand, et al. 2015).

1.3.c Une méthode réadaptée par l'ACTA et le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire

L'objectif de l'approche ASIRPA est d'en apprendre davantage sur les mécanismes de génération d'impact plutôt que de rendre compte uniquement de l'efficacité sociétale des investissements de recherche. Son application sur 60 études de cas montre que l'approche est suffisamment générique pour rendre compte de diverses configurations d'impact, tout en étant suffisamment robuste et détaillée pour permettre une analyse sensible. Ses outils, inspirés d'autres RIA, ne sont ni spécifiques à un pays ni à une agriculture, pour pouvoir être adaptés à une utilisation par d'autres organismes. Sa mention au sein du rapport de la Cour des comptes de 2025 comme une des méthodologies de mesure des effets de projets de recherche sur l'agriculture renforce la pertinence de notre choix (Cour des Comptes 2025). L'évaluation des impacts d'une structure s'avère puissante pour l'auto-motivation des membres de cette structure et à des fins de communication externe (Joly, Gaunand, et al. 2015).

La méthodologie de notre étude s'appuie sur l'approche globale ASIRPA comme détaillé précédemment mais prendra exemple sur le guide opérationnel développé par l'ACTA et le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA). Ceux-ci ont déjà adapté ASIRPA, développée initialement au sein de l'INRAE, afin d'en élargir l'usage à d'autres structures et dispositifs. Dans ce rapport, il ne s'agissait pas de concevoir une nouvelle méthodologie, mais de mobiliser un cadre reconnu, éprouvé dans différents contextes, et validé par le MASA. Le guide élaboré par l'ACTA et le MASA, à l'origine pensé pour évaluer l'impact du financement CASDAR sur des projets de recherche appliquée et de développement agricole, fournit un point d'appui méthodologique solide que nous reprenons et réadaptions ici au cas d'une structure telle que la Chambre d'Agriculture de Bretagne et de ses partenaires. Dans la lignée de ces adaptations, notre évaluation se définit comme une étude « ex post », visant à analyser l'évolution d'un enjeu de recherche appliquée et de développement agricole et à mettre en évidence les transformations et impacts générés par des projets ou des programmes qui ont déjà eu lieu (ACTA 2024).

I.4 Mise en œuvre de la méthode ASIRPA pour étudier l'enjeu nitrates : une double approche régionale et territoriale

I.4.a Le choix d'une thématique nitrates et d'un axe territorial : une approche régionale et une approche plus spécifique sur le bassin-versant de Saint-Brieuc

Organisation générale

La Chambre d'Agriculture de Bretagne a pour objectif d'analyser l'impact de ses projets d'innovation, de recherche et de développement (IRD). Elle souhaite mesurer et retracer leur contribution sur deux sujets emblématiques avec des évolutions avérées : amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates et l'amélioration du bien-être et de la santé animale (dédié à une autre étude). Pour ancrer et informer cette évaluation d'impact des actions d'innovation, développement et recherche de la Chambre d'Agriculture de Bretagne et ses partenaires dans la démarche nationale, l'étude de cas a été présentée auprès du Ministère, de la DRAAF et du conseil régional au mois de mai. Nous avons également pu échanger avec l'INRAE et l'ACTA au cours du mois de mars pour s'approprier correctement la méthode.

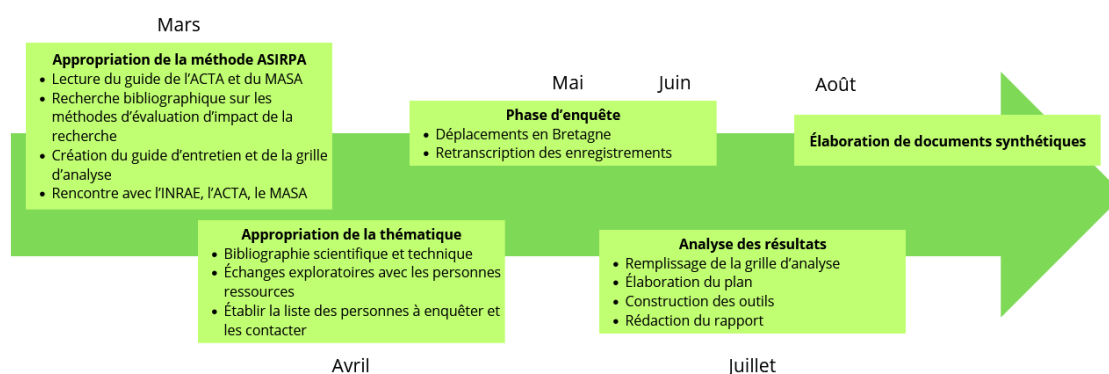


Figure 7 : Chronologie du déroulé du stage de mars à août 2025 (réalisée par Lola Arnoux, 2025)

Afin de rédiger un récit d'impact de la recherche appliquée autour de la réduction des nitrates, différentes étapes ont été nécessaires (figure 7).

Pour s'approprier la thématique, différentes sources de données ont été mobilisées. Dans un premier temps, l'exploitation des ressources documentaires (publications scientifiques et techniques, site internet, rapports, synthèse, magazines, etc...) a été nécessaire pour

s'imprégner du sujet et avoir une vue d'ensemble de la thématique étudiée. Ajouté à cela, des échanges avec des personnes ressources salariés de la CAB ayant une vision globale, un recul et une expertise sur le sujet : Laure BEFF (chargée Gestion des sols et fertilisation et co-encadrante), Marek DUPUTEL (Conseiller Agronomie et Bassins versants - Chargé de mission Baie de Saint-Brieuc), et Anne COURTOIS (Chargée d'études Politiques réglementaires environnementales). Ces échanges ont permis de fixer un axe d'étude plus restreint que celui du thème assez global de la réduction des nitrates, en choisissant de s'appuyer sur un exemple territorial : celui du bassin-versant de Saint-Brieuc. En effet, la baie de Saint-Brieuc, touchée par le développement des algues vertes, fut précurseur dans le développement d'actions territoriales, en cohérence avec les acteurs du territoire. La Chambre d'Agriculture ainsi que le Syndicat Mixte de la baie de Saint-Brieuc, les collectivités tel que Lamballe Terre et Mer et Saint-Brieuc Armor Agglomération et les différentes structures du monde agricole (coopératives, organismes de conseils) tentent de travailler ensemble pour réduire la problématique des algues vertes. Une partie des acteurs interrogés se concentrent donc sur ce bassin-versant, afin de développer un exemple plus concret, les fonctionnements des différentes baies et bassins-versants pouvant s'avérer très différents.

Le bassin-versant de la baie de Saint-Brieuc

Les limites du bassin versant de la baie de Saint-Brieuc sont définies par le SAGE de la baie de Saint-Brieuc (figure 8). Il a une superficie de 1 110 km² et inclus 74 communes (dont 52 comprises en totalité dans le bassin versant) situées dans le département des Côtes d'Armor (annexe VI). Ce périmètre englobe principalement les bassins versants des cours d'eau comme l'Ic, le Gouët, l'Urne, le Gouessant, ainsi que plusieurs petits cours d'eau côtiers entre Tréveneuc et le cap Fréhel. Le bassin est majoritairement rural et agricole avec une Surface Agricole Utile représentant environ 65% du territoire. La population permanente est d'environ 196 500 habitants, dont un quart dans la commune de Saint-Brieuc (Commission local de l'eau 2017). Les Côtes d'Armor ont 6 418 exploitations agricoles en 2024, avec 3 964 exploitations en élevage de bovins, 936 exploitations en élevage porcin, 836 exploitations en élevage volaille et lapins, 462 exploitations en maraîchage et horticulture, et 650 exploitations en cultures céréalières et industrielles (CAD [sans date]). Le SAGE de la baie de Saint-Brieuc couvre un territoire où le sol est constitué principalement de roches métamorphiques du socle armoricain. Le sol est formé de granites, schistes et dépôts loessiques riches en potassium et phosphore. Perméable, ce sol limite le ruissellement en surface, mais favorise un drainage souterrain chargé en nitrates. Ces nitrates passent directement dans les rivières sans être filtrés par la végétation. Les principales rivières (Gouessant, Gouët, Ic et Urne) traversent des plateaux agricoles installés sur des substrats limono-sableux perméables, ce qui contribue aux apports de nitrates vers la baie. Les rivières se jettent très proches les unes des autres, à environ 2,5 km d'écart, ce qui concentre les apports de nutriments sur une zone réduite de la baie. La baie s'ouvre sur la Manche, mais est partiellement protégée par deux caps, Saint-Laurent à l'ouest et Hinou à l'est, qui limitent la force des vagues. Son estran sableux peut atteindre 5 km de large, avec une pente très faible et une profondeur maximale de 14 m, ce qui réduit la dilution des nutriments. Les algues vertes, peu fixées au sable, flottent et dérivent vers la partie haute de l'estran. Les courants de marée sont quasi inexistantes au fond de la baie, et les tempêtes hivernales,

habituellement responsables de disperser les algues, sont rares à cause du changement climatique.

1.4.b Un guide d'entretien qualitatif pour la collecte des données auprès des professionnels du sujet nitrates

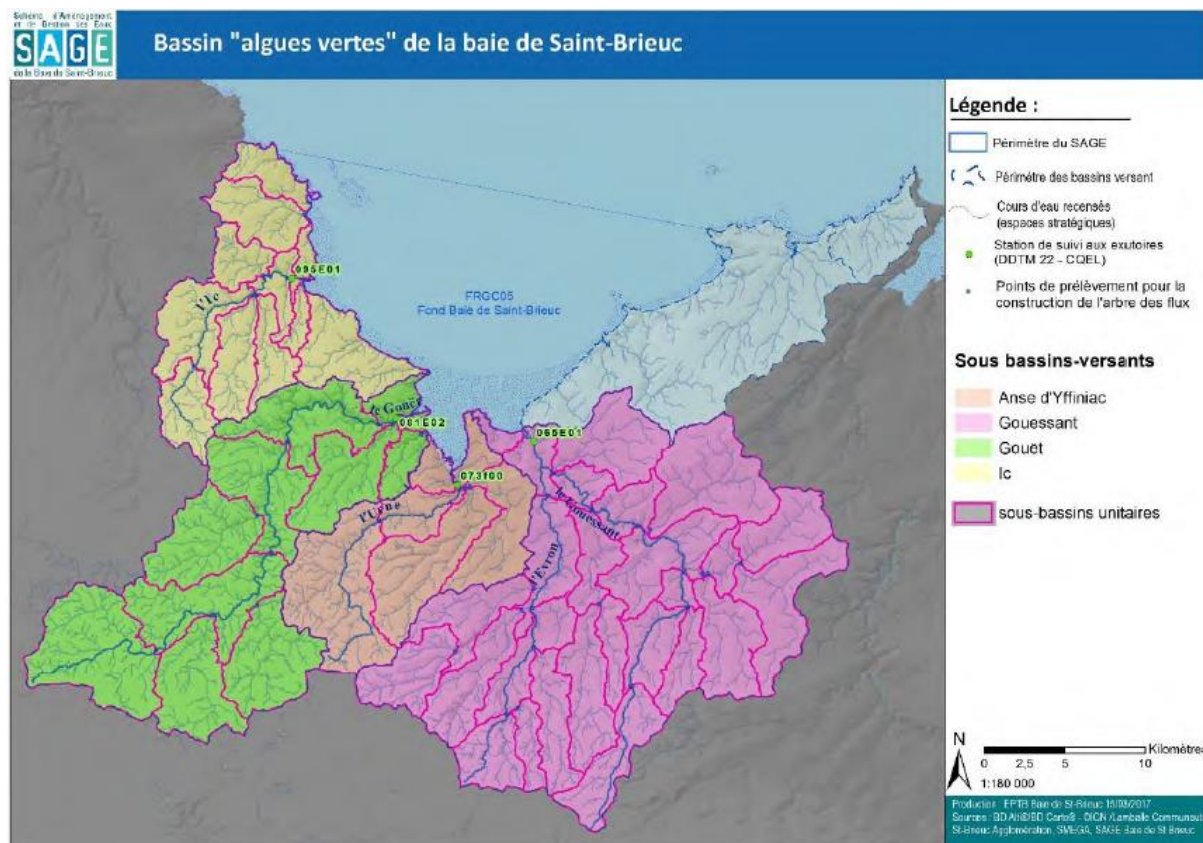


Figure 8 : Délimitation du SAGE de la baie de Saint-Brieuc et ses bassins-versants (Commission local de l'eau 2017)

Afin de confirmer, de compléter et d'approfondir les premiers éléments étudiés dans la bibliographie et avec les personnes ressources, des entretiens semi-directifs ont été effectués. Plus spécifiquement, les objectifs de ces entretiens sont de mettre en évidence les problématiques que les acteurs ont cherché à résoudre, de déterminer les principaux verrous rencontrés, d'identifier les recherches développées et les actions et solutions qui en découlent, d'identifier les transformations survenues dans le monde agricole et ainsi de mettre en avant les principaux impacts engendrés (sanitaires, sociaux, économiques, politiques et environnementaux). Pour cela, un guide d'entretien semi-directif et qualitatif a été élaboré en s'appuyant sur l'exemple fourni par le guide méthodologique de l'ACTA. Le guide d'entretien est structuré en 7 parties : présentation de l'étude puis de l'enquête, historique et éléments contextuels, développement et déploiement des solutions mises en place pour répondre aux problématiques, jeu d'acteurs sur cette thématique, rôle de la Chambre d'Agriculture de Bretagne (CAB), transformations et impacts générés, impression globale et conclusion (annexe VII guide d'entretien). Ces différentes parties correspondent principalement aux étapes du chemin d'impact mais également à l'élaboration des outils complémentaires. Le guide sert ainsi de trame pour mener les entretiens, mais les enquêtés ayant des visions et des positionnements diversifiés, sont, chacun, plus à même d'apporter un éclairage spécifique sur certaines parties.

L'objectif est de laisser l'enquête s'exprimer librement sur les questions principales dans un premier temps, puis d'approfondir les aspects non abordés spontanément en relançant avec les sous-questions du guide.

Tableau 1 : Liste des acteurs enquêtés dans le cadre de l'étude de cas : Amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates (réalisé par Lola Arnoux, 2025)

Type d'acteur	Acteur	Description acteur
2 acteurs de l'administration	Agence de l'Eau Loire-Bretagne	Financier de projets liés à la qualité de la ressource en eau
	Syndicat Mixte de la Baie de Saint-Brieuc	Élaboration et conduite de politiques publiques
4 coopératives	CERFrance	expertise comptable et de conseil pour les agriculteurs
	Le Gouessant	coopérative agricole de conseil et d'accompagnement des agriculteurs
	FRCUMA	fédération nationale d'accompagnement des CUMA
	INNOVAL	coopérative agricole de conseil aux éleveurs
3 élus Chambre d'Agriculture de Bretagne	éleveur bovin laitier	
	éleveur de porc	
	éleveur de porc	
3 acteurs de la recherche	CRESEB	Centre de ressources et d'expertise scientifique sur l'eau de Bretagne
	INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
	INRAE	
9 salariés Chambre d'Agriculture de Bretagne	pôle agronomie	
	pôle agronomie	
	pôle agronomie et bassins versants	
	pôle agronomie et bassins versants	
	pôle agronomie et bassins versants	
	pôle agronomie et bassins versants	
	pôle élevage	
	pôle élevage	
	pôle environnement	

La liste de personnes à enquêter a été définie avec mon maître de stage et les différentes personnes ressources (Mathieu MERLHE, Laure BEFF et Marek DUPUTEL) pour finalement fixer 21 entretiens (tableau 1) sur 29 personnes contactées. Le panel d'enquête a été construit dans l'objectif d'avoir une certaine représentativité des structures jouant un rôle sur la thématique eau et nitrates. Ainsi, on retrouve dans la liste des enquêtés des personnes de l'administration qui jouent un rôle sur le développement et l'application des réglementations et autres politiques publiques et le financement des projets, des élus agriculteurs qui représentent et portent les droits et revendications des agriculteurs, des chercheurs et autres membres de la communauté scientifique qui sont à la base de la production de connaissances, des coopératives qui conseillent et accompagnent les agriculteurs et permettent le déploiement de nouvelles méthodes sur le terrain, et les salariés de la CAB (en élevage, agronomie et bassins-versants). 8 personnes contactées n'ont pas donné suite notamment 3 agriculteurs qui n'étaient pas intéressés pour participer et l'association Eau et Rivières de Bretagne qui n'a pas répondu à notre demande. Dans un objectif pratique, nous nous sommes fixés le bassin versant de Saint-Brieuc comme territoire d'étude (comme expliqué en amont), c'est pourquoi la plupart des enquêtés sont des acteurs de terrain situés dans les Côtes-d'Armor (beaucoup vers Saint-Brieuc et aussi vers Lannion) comme les salariés CAB service élevage et bassins versants, les élus

agriculteurs, les coopératives et le Syndicat Mixte. Les autres enquêtés sont des acteurs régionaux (plutôt à Rennes) comme les salariés CAB service agronomie, les chercheurs INRAE et l'Agence de l'Eau. Les entretiens, d'une durée comprise entre 30min et 1h30, se déroulent principalement en présentiel. Afin de garantir l'anonymat, le tableau des acteurs ne mentionne pas les noms des acteurs ou le nom précis de leurs postes.

1.4.c Une grille d'analyse déductive basée sur le chemin d'impacts de la méthode ASIRPA

La grille d'analyse des résultats a été élaborée avec pour objectif la construction des différents outils. Pour cela, elle suit une logique déductive et s'aligne avec les étapes du chemin d'impact et les informations supplémentaires nécessaires à la construction des outils complémentaires. Elle est structurée en 15 colonnes : historique/contexte, problèmes/enjeux, production de connaissances, solutions/actions, mode de déploiement, critiques/difficultés, rôle des différents acteurs, rôle de la CAB, transformations, impacts sociaux, impacts sanitaires, impacts économiques, impacts environnementales, impacts politiques, axes d'améliorations/perspectives. Cette structuration permet de trier, analyser et croiser les informations collectées. Les entretiens sont enregistrés et retranscrits puis chaque élément mentionné au cours de la discussion est classé dans la colonne correspondante. Pour aider à la construction des outils, la méthode d'analyse thématique déductive a permis d'analyser les réponses qualitatives. Les informations recueillies par question peuvent être regroupées par « thème ». Le nombre d'occurrence peut aider à l'analyse mais celui-ci n'est pas un critère signifiant qu'un thème est plus important. Il est important de spécifier que chaque élément mentionné a son importance même si celui-ci n'est mentionné qu'une seule fois. Dans l'analyse de la grille des résultats, il a fallu faire preuve de discernement pour déterminer et identifier les thèmes, idées transmises et garder de la flexibilité dans l'analyse des propos des enquêtés. Des verbatims ont également intégré la grille des résultats permettant d'appuyer certains propos. Ces verbatims seront majoritairement présentes dans les parties transformations et impacts qui sont totalement développées selon les dires des acteurs et leurs ressentis, contrairement aux parties connaissances et résultats qui s'appuient aussi sur des sources bibliographiques.

1.4.d La construction des outils méthodologiques grâce aux données analysées

Grâce à l'analyse des données récoltées, il est possible de construire des outils méthodologiques, tirés du guide méthodologique de l'ACTA.

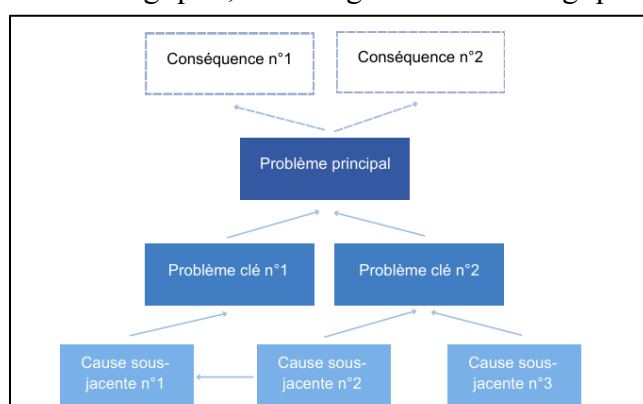


Figure 9 : Arbre des problèmes générique tiré du guide méthodologique (ACTA, 2024)

Outil 1 - L'arbre des problèmes est un outil d'analyse causal permettant d'identifier et de décomposer les causes d'un ou deux problèmes principaux avec les conséquences engendrées. Il mentionne le contexte (facteurs sociaux, politiques, culturels, environnementaux, climatiques...) qui permet de guider la lecture des causes sous-jacentes et des problèmes. Il facilite la compréhension de l'étude de cas pour le lecteur en présentant la problématique de façon simple et

visuelle (figure 9). La compréhension de la thématique par la lecture bibliographique et les échanges exploratoires avec les personnes ressources permet sa construction (ACTA 2024).

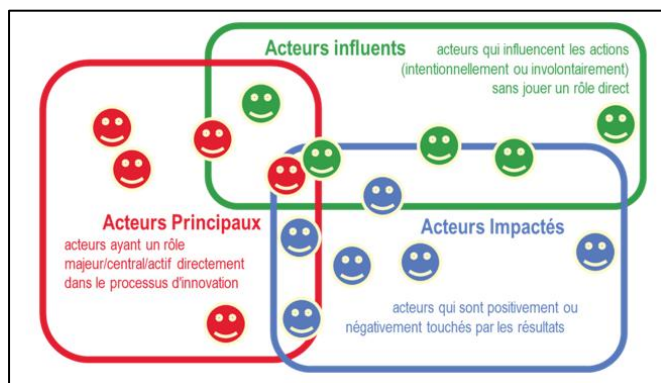


Figure 10 : Carte de l'écosystème des acteurs générique (source interne de l'ACTA)

acteurs jouant un rôle majeur dans le processus générateur d'impact (=part active aux travaux), des acteurs qui influencent intentionnellement ou non la genèse d'impact sans agir directement. Certains peuvent favoriser ou au contraire freiner le processus. Et enfin, elle va distinguer les acteurs qui sont impactés positivement ou négativement par les actions menées par les acteurs majeurs. Pour sa construction, l'ensemble de structures citées au cours des entretiens ont été répertoriés dans un tableau avec le nombre de citations associées et les verbatims utilisées pour les définir. Ceci a permis le classement des acteurs selon les trois catégories.

Outil 3 – La Chronologie est complémentaire au chemin d'impact. Elle permet de replacer le contexte/événements marquants et les actions de recherche et développement selon un cadre temporel défini (figure 11). Cet outil offre une vue d'ensemble rapide et claire des projets concernés au regard des évolutions du contexte. Pour notre étude, nous avons fait le choix de représenter seulement les **productions de connaissances** (en plus du contexte). Les informations nécessaires à la construction de la chronologie sont tirées des échanges lors de l'enquête ainsi que le recensement bibliographique des projets/outils sur la thématique (ACTA 2024).

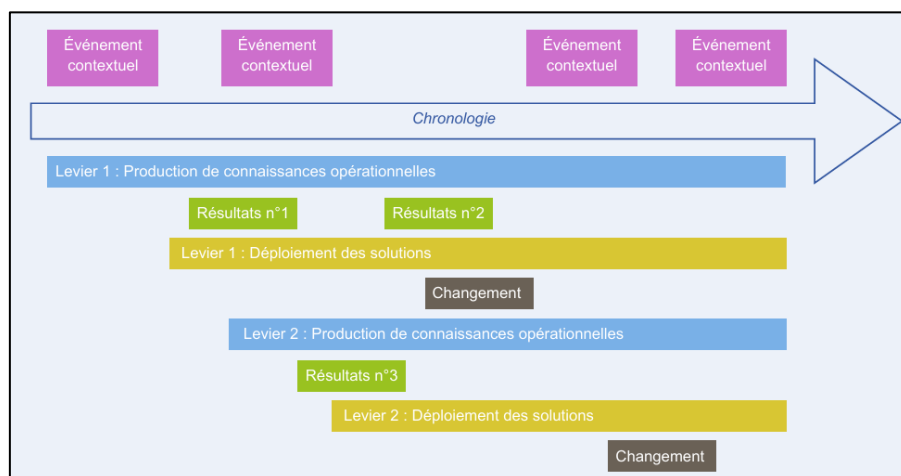


Figure 11 : Chronologie générique tirée du guide méthodologique (ACTA, 2024)

Outil 4 : Le chemin d'impact présente les étapes de circulation des connaissances depuis leur production jusqu'aux impacts engendrés par l'adoption et l'appropriation des solutions qu'elles ont permises (figure 12). Il ne prend pas en compte l'aspect temporel. Il se compose en 5 parties : « **production de connaissances opérationnelles** » qui ont produit des « **résultats** ». Différents moyens de « **déploiement des solutions** » ont été utilisés pour conduire à des « **transformation** » entraînant des « **impacts** » majeurs. Les indicateurs d'impacts peuvent être qualitatifs ou quantitatifs et s'appuient des informations recueillies des personnes interrogées ainsi que sur l'analyse d'autres ressources (ACTA 2024).

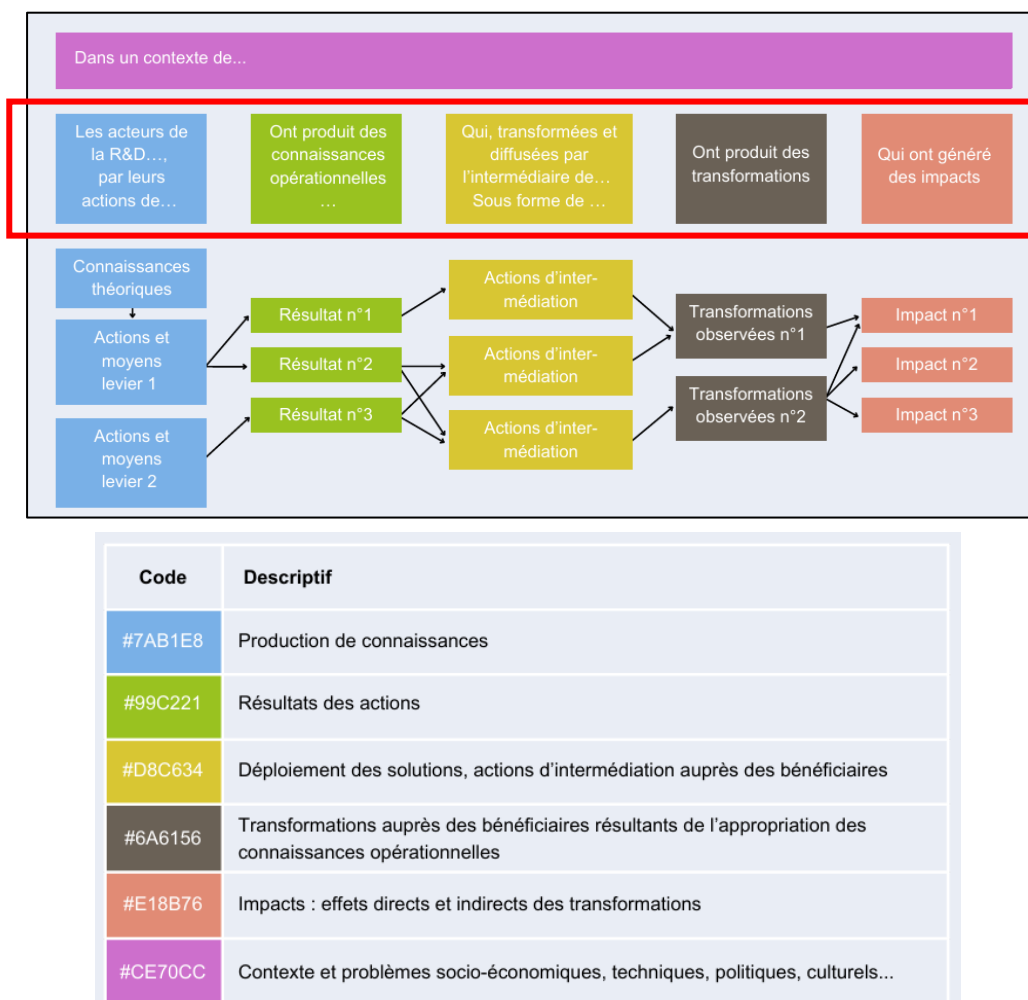


Figure 12 : Chemin d'impact générique et sa légende tiré du guide méthodologique (ACTA, 2024)

II) Le chemin d'impact de la réduction des nitrates : recherche appliquée, transformations agricoles, impacts territoriaux et enseignements méthodologiques

II.1 L'écosystème d'innovation breton répond à la problématique de gestion de l'azote par la recherche et le déploiement de solutions techniques

Dans le cas de la problématique nitrates, l'écosystème des acteurs est présenté figure 13. Certains acteurs sont centraux, c'est-à-dire qu'ils ont un rôle majeur dans la production de

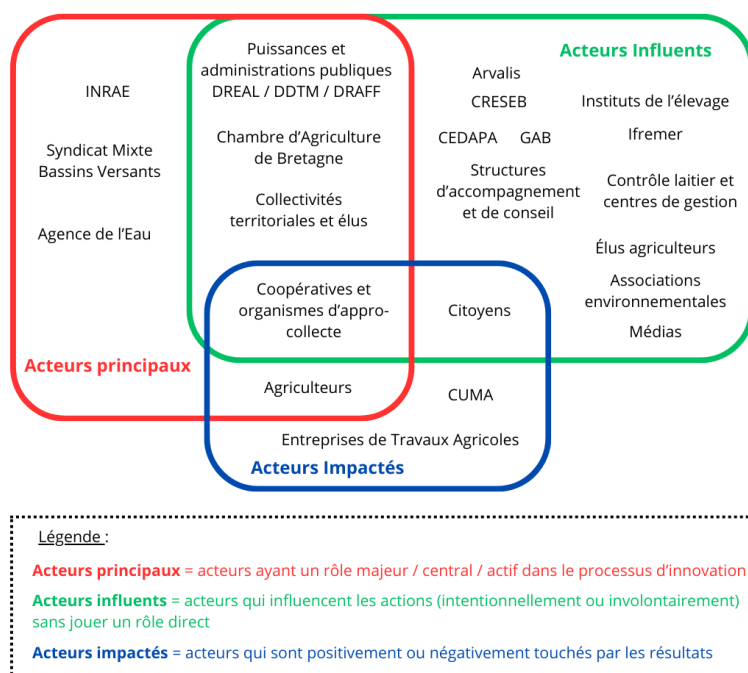


Figure 13 : Carte de l'écosystème des acteurs de l'étude de cas "amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates" (réalisée par Lola Arnoux, 2025)

connaissances (comme l'INRAE), le développement et le déploiement des résultats (comme la CAB) et leur application réglementaire (comme les puissances publiques). Certains acteurs influencent tous ces mécanismes sans prendre part activement à la résolution du problème. Enfin, certains acteurs sont impactés et subissent donc les répercussions, qu'elles soient positives ou négatives. Tous les acteurs peuvent se trouver à tous les échelons et vont être souvent spécialisés sur un thème. Certains acteurs peuvent

aussi rentrer en concurrence, notamment sur la création et le déploiement d'outils.

II.1.a Les nitrates en Bretagne : les acteurs du monde agricole qui tente de s'adapter, au cœur des polémiques et de la réglementation

Dans cette partie III est développée l'analyse des résultats de l'enquête et des recherches bibliographiques. Les informations non sourcées sont tirées exclusivement des dires des enquêtés. Pour une meilleure compréhension de l'étude, différents outils vont être présentés tout au long de cette partie. La partie III.1.a s'appuie sur la chronologie ci-dessous (figure 14). On se concentrera, tout d'abord, sur le contexte et la réglementation (en blanc et jaune dans la figure 14), afin de comprendre précisément l'histoire qui entoure la lutte pour la réduction des nitrates, selon les acteurs.

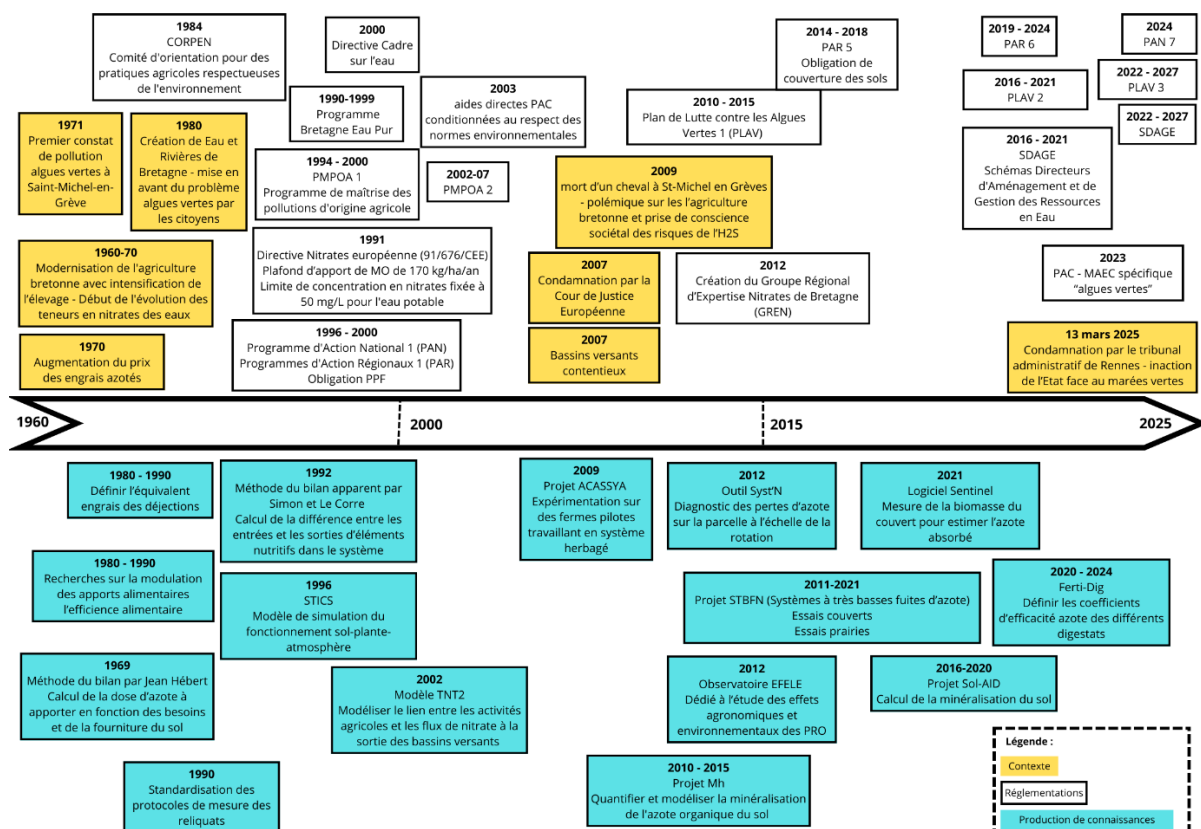


Figure 14 : Chronologie de l'étude de cas "amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates" (réalisée par Lola Arnoux, 2025)

La problématique des nitrates en Bretagne trouve ses origines dans les transformations agricoles de l'après-guerre. Dès le début des années 1960, la modernisation de l'agriculture bretonne, caractérisée par la spécialisation des filières, l'intensification des pratiques et le recours à la chimie, entraîne une augmentation progressive des teneurs en nitrates dans les cours d'eau. Cette évolution s'accompagne du développement de l'élevage hors-sol et de l'importation d'aliments pour le bétail, créant des excédents structurels d'azote dans la région. Ces enjeux sont représentés par l'arbre des problèmes (figure 15).

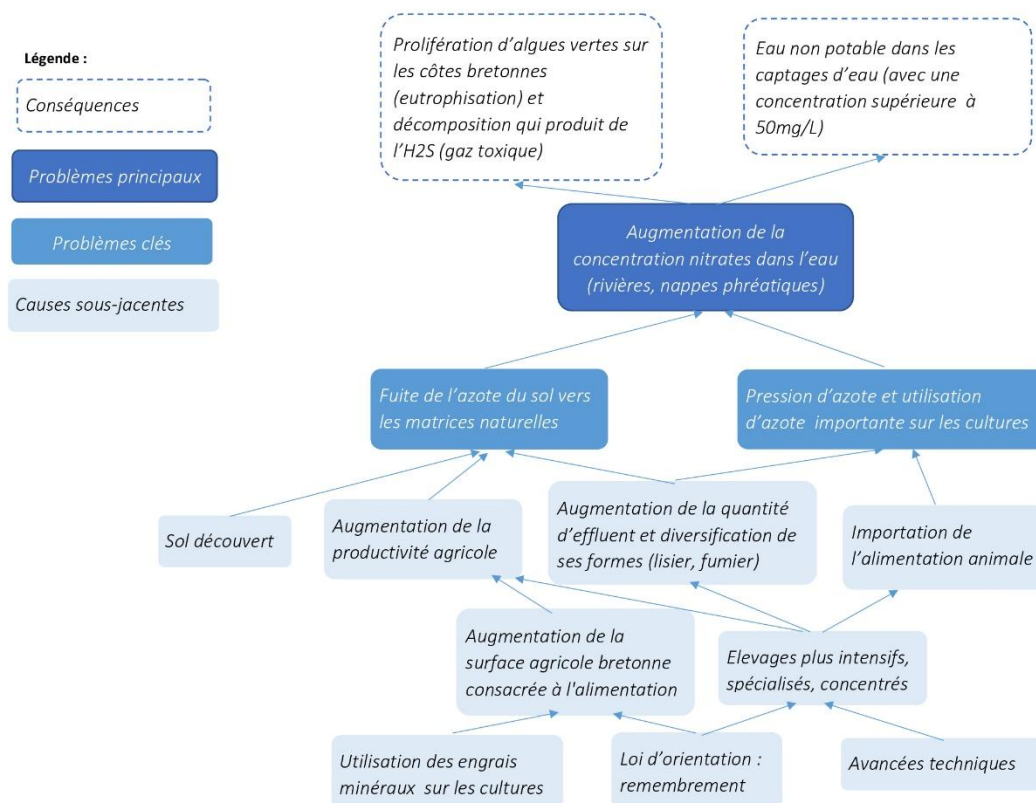


Figure 15 : Arbre des problèmes de l'étude de cas "amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates" (réalisée par Lola Arnoux, 2025)

En 1964, l'adoption de la loi sur l'eau en France instaure les agences financières de bassins, futures agences de l'eau, innovation à l'échelle européenne : six grands bassins sont définis. Le principe de ces agences était de planifier, financer et accompagner un certain nombre d'actions à l'échelle du territoire du bassin. Pour financer ces actions, des redevances sur l'eau ont été instaurées : d'abord sur le secteur industriel et le secteur domestique, puis, au début des années 80, des ministres évoquent les problèmes liés à l'élevage. C'est alors que la redevance pollution est aussi appliquée à l'élevage, un premier choc pour le milieu agricole. Alors, des élus en Bretagne négocient pour la mise en place d'un programme permettant aux agriculteurs d'avoir l'opportunité de changer et d'évoluer, pour éviter la redevance. C'est là qu'est créé le programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole, PMPOA. Le PMPOA 1 (1994-2000) permet de fournir des aides publiques aux élevages les plus importants afin qu'ils puissent se conformer aux nouvelles exigences réglementaires. Ce programme concerne principalement les élevages hors-sol (porcs et volailles). Le PMPOA 2 (2002-2007) concerne, cette fois, tous les types d'élevages, quelle que soit leur envergure, dès lors qu'ils se situent dans les zones sensibles. En pratique, le PMPOA 2 cible principalement les élevages bovins. Outre la mise en conformité des infrastructures d'élevage et des capacités de stockage, le volet agronomique, qui encourageait les modifications de pratiques d'épandage et de gestion de l'azote, se renforce entre les deux initiatives. Les financements publics de l'État (à hauteur de 30 %), des collectivités territoriales régionales et départementales (à hauteur de 20 %) ainsi que des agences de l'eau (à hauteur de 50 %) sont mobilisés pour soutenir ces deux PMPOA. Le financement des travaux conditionne la réalisation préalable d'une étude suivant la méthode « DEXEL » (diagnostic environnemental d'exploitation d'élevage). Ce diagnostic détermine le

projet d'améliorations conjointes de l'épandage et des infrastructures d'élevage. L'agence de l'eau Loire-Bretagne a en outre mis en place une politique de réduction des excédents structurels d'azote, permettant le financement des installations de traitement de l'azote excédentaire (stations biologiques de traitement des lisiers, séchage de fientes et compostage du fumier de volailles), qui complètent les installations de stockage dans les zones à excédent structurel d'azote lié aux effluents d'élevage (Agence de l'eau Loire Bretagne 2017).

Les premiers signes de dégradation environnementale se manifestent au début des années 1970 avec l'apparition des premières nuisances liées aux algues vertes. En 1971, les élus du conseil municipal de Saint-Michel-en-Grève alertent sur ce phénomène nouveau, demandant des études pour en identifier l'origine.

Dans les années 80, malgré une réduction de la consommation d'engrais azotés due aux chocs pétroliers des années 1970, les pratiques agricoles restent problématiques. Les agriculteurs considèrent encore les effluents d'élevage comme des déchets sans valeur fertilisante, appliquant parfois jusqu'à 100 mètres cubes de lisier par hectare, soit trois fois la dose agronomique. Au cours de cette décennie, les élevages sont régulièrement autorisés avec des pressions d'azote atteignant 400 kg/ha, et certains cours d'eau affichent des concentrations de 110 mg/L de nitrates. L'émergence d'associations environnementales, comme Eau et Rivières de Bretagne, contribue à alerter l'opinion publique sur la dégradation de la qualité de l'eau.

La mobilisation institutionnelle s'intensifie avec la création en 1984 du CORPEN, comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement, qui constitue un lieu de concertation entre tous les acteurs concernés par les relations entre agriculture et environnement. Il fait des suggestions pour réorienter, compléter ou renforcer les politiques publiques et élabore des outils servant aux agriculteurs pour modifier leurs pratiques. Il fournit des éléments techniques à l'administration et l'aide ainsi à adapter ses politiques publiques aux contextes locaux et à participer aux négociations internationales (Ministère de l'agriculture et de la pêche 2001).

Les travaux scientifiques convergent pour attribuer un rôle majeur à l'agriculture dans l'augmentation des concentrations de nitrates dans les eaux. Toutefois, cette conclusion n'a pas été immédiatement intégrée par l'ensemble des acteurs agricoles et politiques, auprès desquels le débat est demeuré ouvert pendant un certain temps. Mais en 1991, un cadre réglementaire se structure avec l'adoption de la directive européenne "nitrates", qui constitue le cadre fondateur pour la gestion de l'azote en agriculture. La directive impose aux États membres plusieurs obligations structurantes : désigner des zones dites « vulnérables », définies comme les zones atteintes par la pollution par des nitrates d'origine agricole ; établir des bonnes pratiques agricoles relatives à la fertilisation azotée et la gestion des terres ; élaborer des programmes d'actions à mettre en œuvre obligatoirement par tous les agriculteurs opérant en zones vulnérables ; surveiller la qualité des eaux de surface et souterraines à l'aide de campagnes de mesures spécifiques. Elle définit un plafond d'apport d'azote de 170 kg/ha/an provenant des effluents d'élevage à l'échelle de l'exploitation et une limite de concentration en nitrates fixée à 50 mg/litre pour l'eau potable. En France, la mise en œuvre de cette directive débute dès 1992 avec la première campagne de surveillance sur environ 3 000 stations de mesure. Sa transposition dans le droit français se structure progressivement avec un programme d'action national (PAN), qui fixe le socle commun applicable à l'ensemble des zones vulnérables, et des programmes d'actions régionaux (PAR), qui précisent ou renforcent les mesures à appliquer en

fonction du contexte régional. Cela s'inscrit dans une démarche itérative, avec des révisions périodiques pour adapter les mesures aux évolutions des connaissances scientifiques et aux résultats observés.

Pour accompagner ces évolutions réglementaires, la Bretagne développe dès 1990 le programme Bretagne Eau Pur. Cette initiative est basée sur le volontariat et vise à préparer les agriculteurs aux nouvelles exigences. Elle utilise l'action collective, la sensibilisation, la formation, la démonstration comme moyen d'accélérer les modifications de pratiques agricoles. Il y a eu une grosse phase volontaire dans les baies algues vertes avec des actions d'animation pour essayer d'aller plus loin que les directives. De nombreux outils et techniques ont été testés à ces moments (comme les couverts végétaux par exemple) : « c'est venu de la base, parfois il faut avoir un peu de courage pour dire qu'il faut y aller » (enquête élu agriculteur). Au départ, une partie de la profession agricole avaient la volonté de s'améliorer. Mais la réglementation s'est petit à petit emparée des recherches, des outils développés mais surtout des tests volontaires effectués par les agriculteurs. Ce levier réglementaire est alors perçu comme un moyen de pression pour faire avancer rapidement les changements, mais s'impose comme une voie unique qui contraint les agriculteurs dans leurs innovations et éteint peu à peu les actions volontaires.

Dans les années 1990, toute la Bretagne est classée en zone vulnérable, décision politique forte qui reconnaît officiellement la responsabilité agricole dans la pollution des cours d'eau. Cette période voit également l'émergence d'un scandale sanitaire avec le décès d'un jogger en 1989 sur la plage de Saint-Michel-en-Grève, premier signal d'alarme sur la dangerosité des algues en décomposition. En 1999, après des manifestations d'Eau & Rivières de Bretagne, l'Ifremer confirme scientifiquement la responsabilité de l'azote dans le développement des marées vertes.

L'intensification des politiques se poursuit avec l'adoption en 2000 de la directive-cadre sur l'eau, transposée en France par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006. Cette législation renforce l'approche par bassins versants et renforce le financement des politiques de ressources en eau basé sur deux principes : « l'eau paie l'eau » : les coûts de l'eau potable et de l'assainissement sont supportés par les usagers de l'eau potable ; et « pollueur-payeur » : les usagers de l'eau et du milieu aquatique financent des actions visant à protéger et à améliorer l'état du milieu aquatique, notamment par le biais de taxes. Elle prévoit l'élaboration de Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Ressources en Eau (SDAGE) pour chacun des 12 bassins hydrologiques et de Schémas d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE) à l'échelle locale. Le SDAGE est un document de planification qui définit les orientations pour garantir la gestion durable des ressources en eau, fixe les objectifs de qualité, pour chaque masse d'eau du bassin et identifie les arrangements nécessaires pour prévenir la détérioration et assurer la protection et l'amélioration de l'état des eaux et du milieu aquatique. Le SAGE est un outil de planification locale de l'eau qui établit des réglementations et des règles de protection et de partage des ressources, en application du SDAGE (Ministères Aménagement du territoire Transition écologique 2020b). La réforme de la Politique Agricole Commune de 2003 introduit la conditionnalité environnementale, subordonnant les aides européennes au respect de normes environnementales.

Les années 2000 sont marquées par une stabilisation puis une décroissance de la concentration nitrates grâce aux actions menées, mais aussi par l'intensification des contentieux juridiques. En 2005, Eau & Rivières de Bretagne engage un recours contre la France devant la Cour de

justice européenne pour non-respect de la directive nitrates suite à la non-conformité de certains captages d'eau potable. Cette action aboutit à la condamnation de la France en 2007. 9 bassins versants bretons restent concernés par le contentieux engagé par la Commission européenne (car au deçà de la limite de 50mg/L), ce sont les "bassins versants contentieux" : l'Aber Wrac'h, l'Horn (Finistère), le Guindy, l'Urne, le Gouessant, l'Arguenon, le Bizien, l'Ic (Côtes d'Armor), les Echelles (Ille-et-Vilaine). Ils sont soumis à des mesures drastiques avec un plafonnement des apports d'azote (organique et minéral) entre 140 et 160 kg/ha/an (Mougin et al. 2007). Cette mesure est difficilement vécue par les agriculteurs de ces bassins versants, qui subissent des pertes de rendement.

Malgré ce cadre réglementaire renforcé, les algues vertes se révèlent toujours problématiques en Bretagne. L'été 2009 constitue un moment de bascule médiatique et politique, avec le décès d'un cheval sur la plage de Saint-Michel-en-Grève et l'hospitalisation de son cavalier. En réponse, le gouvernement lance un plan de lutte contre les algues vertes (PLAV), sous l'impulsion du Premier ministre François Fillon. Huit baies, initialement identifiées par le Sdage et le CEVA, sont concernées par le plan de lutte Algues Vertes : trois dans les Côtes d'Armor (Saint-Brieuc, La Fresnaye, Lieue-de-Grève), et cinq dans le Finistère (Locquirec, Horn-Guillec, Guisseney, Douarnenez et Concarneau). Ce plan se construit en 4 volets. Le volet préventif a pour objectif de diminuer la pollution par l'azote dans les rivières, le principal levier d'action pour atténuer la prolifération des algues dans les baies. Le PLAV institue une réglementation des zones sous contraintes environnementales (ZSCE) dans les baies à algues vertes, qui établissent des objectifs définis à atteindre grâce à l'implication des agriculteurs concernés. De nouveaux outils de soutien aux agriculteurs sont instaurés, comprenant notamment une MAEC (mesures agro-environnementales et climatiques) spécifique « algues vertes » lancée en 2023 dans le cadre de la nouvelle PAC, ainsi que des paiements pour services environnementaux (PSE) pilotes initiés en 2022. S'appuyant sur les recommandations du Haut conseil de la santé publique (HCSP), le volet sanitaire du plan de lutte a pour but d'équiper les collectivités des baies algues vertes d'outils de suivi du risque sanitaire, d'accompagner et d'informer les populations en cas d'émanations d'hydrogène sulfuré (H₂S) et d'améliorer la prise en charge sanitaire des personnes potentiellement exposées. En effet, les travaux de l'INERIS en 2009 confirment scientifiquement les dangers sanitaires liés aux émanations d'hydrogène sulfuré produites par la décomposition des algues. Le volet curatif du PLAV cherche à renforcer les mesures de collecte des algues vertes, afin de limiter leur décomposition et les risques associés à l'exposition de la population à l'H₂S. L'élaboration de solutions de ramassage en mer et sur terre est encouragée. Le volet connaissance se poursuit avec les travaux de modélisation des dynamiques de fuites azotées et de croissance des algues en mer. Des recherches interdisciplinaires se développent également. La gouvernance du plan Algues vertes est assurée par un comité de pilotage présidé par le Préfet de la région Bretagne et réunissant l'État, le Conseil Régional, l'Agence de l'eau Loire Bretagne et les conseils départementaux. Son rôle est de suivre et d'orienter la déclinaison du plan.

Le PLAV finance aussi des actions bassins-versants depuis 2011. Au plus fort, c'est plus de 20 programmes d'action BV qui étaient contractualisés en Bretagne (pas tous sur le sujet nitrates). La Bretagne était quasi couverte intégralement de programmes d'action Bassin-Versant, une exception en France. Ces programmes ont été basés sur des principes de partage de connaissance entre tous les acteurs. A l'échelle de chaque bassin-versant ont été construits des comités professionnels agricoles, qui réunissaient les agriculteurs volontaires : des instances de développement de territoires pour partager les réalisations.

La période récente se caractérise par un renforcement de l'arsenal juridique. En 2007, le Tribunal administratif reconnaît la responsabilité de l'État pour ses manquements dans l'application des législations sur la pollution de l'eau par l'azote agricole. Les drames sanitaires se poursuivent avec le décès d'un chauffeur transportant des algues vertes en 2009 et d'un nouveau jogger en 2016. Face à l'insuffisance des politiques mises en œuvre, le Tribunal administratif de Rennes annule partiellement en 2021 le PAR6, pointant un déficit dans l'application des mesures réglementaires. Cette inaction est sanctionnée à nouveau en 2025 par une nouvelle condamnation de l'État. Le traitement médiatique du sujet contribue par ailleurs à une prise de conscience nationale. Toutes ces actions et réglementations n'auraient pas pu voir le jour sans les progrès constants de la recherche. Progressivement, la recherche est venue en appui aux besoins du terrain : « Il y avait cette synergie-là. » (chercheur enquêté).

II.1.b Productions de connaissances variées, par différents acteurs, sur les pratiques de gestion de l'azote

Afin de décrire la contribution de la Chambre d'Agriculture de Bretagne et de ses partenaires sur la réduction des nitrates et l'amélioration de la qualité de l'eau, l'étude détaille étape par étape le chemin menant aux impacts. Livrables clés de l'étude, le chemin d'impact met en avant les connaissances théoriques et opérationnelles produites par les acteurs de la R&D agricole (en bleu) puis présente les résultats et outils développés (en vert) et les moyens employés pour les diffuser (en jaune) (figure 16). Ce chemin d'impacts est complété par la chronologie (figure 14) qui précisent la temporalité d'une partie du travail des acteurs de la recherche appliquée. Afin de répondre à la problématique, de nombreux organismes tels que l'INRAE, les Instituts Techniques Agricoles, les Chambres d'agriculture, etc, réalisent des recherches, expérimentations et projets sur différentes thématiques et à différentes échelles (parcelles, systèmes de cultures ou d'élevage, système d'exploitation...). Ces recherches sont détaillées ci-dessous, respectant la classification du chemin d'impacts (coloration bleue dans la figure 16).

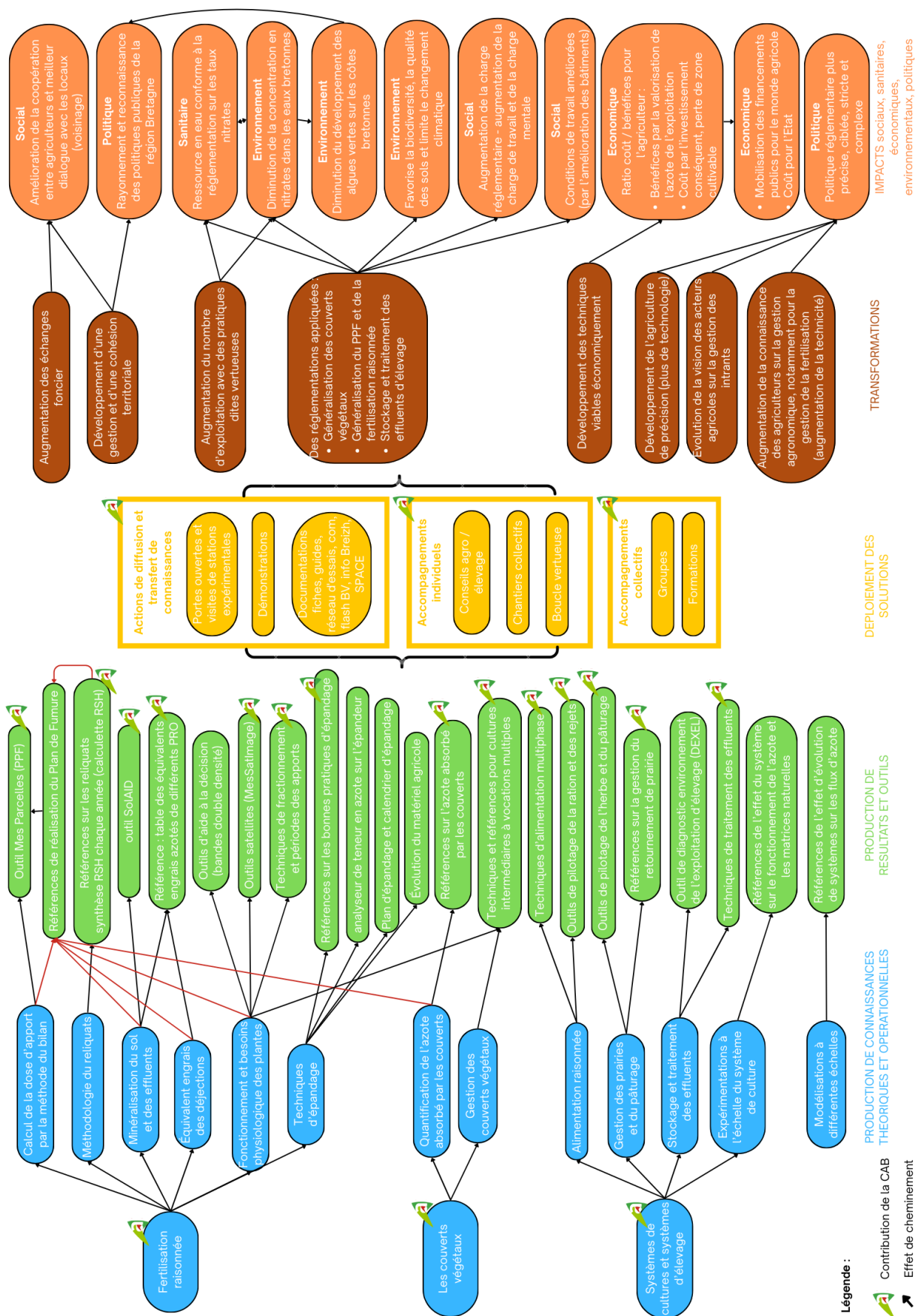


Figure 16 : Chemin d'impacts de l'étude de cas "amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates" (réalisée par Lola Arnoux, 2025)

Une fertilisation plus raisonnée

Comme expliqué dans l'historique, avant les années 80, les effluents d'élevage étaient considérés comme un déchet et non comme une source de fertilisation. L'apport d'engrais était donc peu contrôlé et le risque de surfertilisation du sol était élevé. Des méthodes pour trouver le meilleur confirme d'apport d'engrais ont donc pu être développées. En 1969, les travaux de Jean Hébert ont introduit un concept : l'estimation des besoins azotés des cultures doit tenir compte du rendement escompté et des apports naturels du sol, reconnaissant ainsi une limite à la fertilisation (Hébert 1969). Cette approche a donné naissance à la méthode du bilan prévisionnel, largement adoptée par la recherche en France dans les années 80. Cette méthode consiste à calculer l'apport total d'azote par culture sur la base d'un équilibre entre les besoins de la culture et les différentes fournitures d'azote dont elle peut bénéficier. La méthode respecte un bilan équilibré en azote : $\text{Dose N} = \text{besoins} - \text{fournitures en azote du sol}$. Ce calcul est réalisé entre une date « d'ouverture du bilan » et une date de fin d'absorption d'azote (fin du bilan).

A partir de là, on sait comment calculer l'azote à apporter en théorie. Afin de piloter ces apports de manière précise, la recherche se penche sur la création d'outils d'aide à la décision (OAD), comme en 1995, avec le développement par l'INRAE du premier outil de pilotage, JUBIL (JUs-de-base-de-tige et BILan), proposé comme complément du Bilan, pour ajuster le dernier apport d'engrais. On travaille aussi sur l'agriculture de précision, notamment avec des satellites et drones pour une différenciation intra parcellaire de la fertilisation et la modulation des apports au champ.

Pour essayer de définir au mieux le calcul de dose d'azote, il est aussi nécessaire de connaître la concentration d'azote minéral présente dans le sol à l'ouverture du bilan. Dans les années 90, de grandes campagnes de prélèvements de terres sont effectuées afin de déterminer les teneurs en azotes minéral du sol à un moment donné. On nomme ces prélèvements des reliquats. Il en existe 3 formes : le reliquat sortie d'hiver (RSH) est effectué fin février, et utilisé en entrée du bilan du plan de fumure (qu'on évoquera par la suite) pour connaître la part d'azote en sortie d'hiver ; le reliquat post absorption (RPA) est effectué en été, et utilisé en outil de contrôle par l'Etat (même si son utilisation est scientifiquement contesté) ; le reliquat début drainage (RDD) est généralement effectué entre mi-octobre et mi-novembre, et permet l'évaluation du risque de lessivage. Le protocole d'échantillonnage de ces reliquats consiste à faire un prélèvement représentatif par carottages multiples dans une zone homogène, sur toute la profondeur utile. Afin de standardiser les résultats de ces échantillons, des protocoles d'analyse ont été élaborés avec différents laboratoires de recherches INRAE. Les premiers reliquats effectués à cette époque alertaient d'un niveau de concentration en nitrates trop élevé. Les reliquats sortie d'hiver (RSH) pouvaient atteindre 250 kg d'azotes par hectare. Les reliquats apparaissaient aussi comme un bon outil d'animation et de déploiement d'actions pour la Chambre d'Agriculture avec l'idée de se fixer un objectif, une "obligation de résultat". Il est aussi considéré comme un juge de paix, d'abord par la profession agricole puis par le secteur public, qui l'ajoute à la réglementation afin d'identifier les secteurs prioritaires. De ce fait, le PLAV met en place chaque année entre 2010 et 2022 des campagnes de RDD (et en 2024 et 2025 sur le Finistère), afin que les agriculteurs puissent évaluer leurs pratiques et les modifier si nécessaire.

Cependant, des questions se posent toujours sur les fournitures en azote du sol, difficiles à quantifier. Pour la Bretagne, elles ont été globalement estimées par système de culture dans les années 80. Toutefois, la minéralisation de l'azote du sol dépend de plusieurs facteurs tels que la météo, le système de culture et des caractéristiques de sol. Elle peut donc être très variable d'une parcelle à l'autre. Réalisant le manque de connaissances sur ce sujet, l'INRAE et la CAB portent le projet Mh en 2010. Son objectif est de quantifier la minéralisation de l'azote organique du sol breton (un des postes principaux de fourniture en azote du sol) et de la modéliser. Pour

se faire, 137 parcelles réparties sur l'ensemble du territoire ont été suivies pendant 5 ans chez les agriculteurs, pour mettre en place les expérimentations. Ce projet a donné des références sur la minéralisation de l'azote du sol pour la Région.

Grâce aux connaissances développées sur les besoins des cultures et les apports de la minéralisation de la matière organique, il a été possible de fertiliser de manière raisonnée, en essayant d'être au plus près des besoins. Cependant, la météo variable, un accident de culture, un écart de méthodologie ou de calcul lié à la complexité des phénomènes naturels influencent les concentrations d'azote dans le sol, qui peuvent être trop élevées et se faire lixivier.

Afin d'éviter une lixiviation importante, on étudie aussi les besoins d'azote réel en fonction du développement de la plante. Beaucoup de travaux de recherches agronomiques ont porté sur la valorisation de l'azote par les cultures et le lien entre doses d'azotes et rendements, avec un corpus de travaux d'expérimentations agronomiques menées par les instituts techniques et de recherches, par l'État, par les Chambres d'Agriculture. Ces recherches commencent même avant la problématique nitrates, avec des projets sur les besoins des différentes cultures, dans le but d'optimiser la production et d'éviter les pertes pour être le plus rentable. Des questionnements se sont notamment portés sur les formes chimiques de l'azote dans les effluents. Dans les produits organiques, une partie de l'azote est sous forme minérale et le reste est sous forme organique. La proportion d'azote minéral varie en fonction du type d'effluent, de son origine, de son stockage, etc. L'azote organique va se minéraliser plus ou moins rapidement en fonction du type de matière organique (plus ou moins stable) et des conditions environnementales (biologie du sol, météo, ...). Il est donc difficile d'estimer de façon précise l'efficacité azotée d'une fertilisation organique, d'autant plus que l'azote minéralisé peut être disponible trop tardivement par rapport aux besoins des cultures. De plus, une partie de l'azote minéral apporté peut se volatiliser sous forme d'ammoniac. Cela fait l'objet de beaucoup de négociations politiques, notamment sur le calcul de la dose maximale organique à apporter.

C'est dans l'objectif de mieux définir l'efficacité d'un PRO (produit résiduaire organique) que, dans les années 80/90, la CAB travaille sur l'équivalent engrais des déjections des animaux d'élevage, dans les stations expérimentales de Kerlavic et Trevarez (cet objectif est d'ailleurs toujours actuel et des analyses de certains PRO sont effectuées régulièrement chez les éleveurs). A cette époque, les déjections sont considérées comme un amendement pour la vie du sol, mais pas comme un engrais, ayant beaucoup d'incertitudes sur la fertilisation azotée que cela apporte. Les agriculteurs amènent donc de l'engrais minéral en plus par sécurité, parce que ça ne coûte pas cher et que le prix du quintal est élevé. Différents acteurs travaillent sur le compost de lisier, de fientes de volailles ou de fumier, sur la recherche de références sur l'utilisation d'effluent en fonction des productions (prairie, céréales), etc... A la station expérimentale de Crécom, la CAB étudie deux types d'élevages de porc, sur paille ou sur caillebotis. Cette différenciation produit deux types d'effluents (fumier ou lisier). Une gestion différenciée des cultures associées à ces systèmes, permettent de conforter des résultats de recherche fondamentale INRAE. Plus récemment des travaux (Ferti-Dig, 2020-2024) ont été menés sur les digestats pour trouver leurs coefficients d'efficacité azote en fonction des méthodes de méthanisation et tenter de comprendre la variabilité des digestats.

Se pose alors la question de l'épandage de ces effluents d'élevage sans risque de fuite. La CAB participe à des essais de matériels : tonne à lisier, épandeur, pendillard, enfouisseur. Ces essais permettent aux matériels d'être plus pratiques et améliorent le travail réalisé. Et la CAB travaille sur différentes techniques d'épandage : le remplissage et la régularité d'épandage, l'épandage de lisier de porc sur céréales à la station expérimentale de Crécom. Le projet Champs et lisier (en 1995) avait pour objectif de montrer aux agriculteurs qu'il était possible de fertiliser du blé

avec du lisier de porc. Alors qu'auparavant, tout était mis uniquement sur le maïs, avec une surfertilisation possible.

Les couverts végétaux

Vers 1995, on observe que les flux de nitrates sont limités entre un blé et un maïs grâce à une culture intermédiaire, par une méthode de bougies poreuses enfoncées dans le sol pour mesurer la concentration nitrates de la solution du sol. Mais les réactions à cette découverte, à l'époque, reste mitigées, vu comme une source de dépense inutile. Malgré tout, la recherche fournit une série de travaux, dans les années 2000, sur les meilleures stratégies d'implantation des couverts intermédiaires, et les meilleures variétés. La culture intermédiaire piège à nitrates (CIPAN) évolue vers une culture intermédiaire à vocation multiple. La recherche privilégie la qualité et l'efficacité des couverts végétaux. Au-delà de la couverture basique du sol, l'enjeu consiste à choisir les espèces appropriées et les méthodes d'implantation optimales pour de meilleurs résultats agronomiques. Des essais sont menés sur des couverts "permanents" de trèfle blanc, restant en place sous les cultures principales pendant plusieurs années (STBFN, essais agriculteurs). Cette technique permet de limiter les périodes de sol nu et d'avoir des couverts bien développés pendant les périodes à risque de lixiviation. Des séries d'essais sont aussi mis en place par la CAB à la station expérimentale de Kergehennec, notamment sur le semis précoce des couverts, favorable pour l'efficacité du couvert. Des techniques sont donc développées pour semer les couverts d'intercultures sous les cultures, avant la moisson, lors de la moisson, ou juste après la récolte par exemple. Il y a tout un travail développé sur l'innovation organisationnelle pour faciliter l'implantation des couverts pour l'agriculteur, en s'adaptant au rythme des saisons agricoles.

Face au constat de sol encore nu en été, entre 2 cultures, la recherche s'est aussi intéressée plus récemment (début en 2010) aux couverts-courts. L'objectif est de développer des techniques d'implantation simples, rapides et adaptées aux conditions sèches de l'été. Des essais et plateformes expérimentales de couverts-courts ont alors vu le jour sur différents territoires et dans différents systèmes (aussi à Kergehennec et chez des agriculteurs). Ces recherches sont corrélées à l'évolution de la réglementation qui impose un nombre de jours maximum pour les sols nus en bassin versant algues vertes, et l'obligation de couverture des sols quand l'écart entre une récolte et une nouvelle culture dépasse 70 jours.

Afin d'étudier la biomasse du couvert et donc l'azote absorbé, on utilise des mesures au champ, des images de drones puis des données satellitaires Sentinel-2 (grâce au logiciel d'interprétation des images satellites, Sentinel). Un réseau de parcelles permettant de paramétrer un modèle de prédiction de la biomasse et de l'azote absorbé est développé par la CAB (270 mesures en 2 ans lors de 2 campagnes en 2023 et 2024).

Systèmes de cultures et systèmes d'élevage

Les fuites d'azote peuvent aussi subvenir en amont, au sein du système d'élevage. Pour étudier ces flux au sein de l'élevage, Simon et Le Corre (en 1992) formalisent la méthode du bilan apparent. Elle mesure la différence entre les entrées (engrais, aliments, intrants minéraux) et les sorties (produits animaux, végétaux vendus ou consommés) d'éléments nutritifs dans le système considéré. L'objectif est d'équilibrer ce bilan, et lorsqu'il y a un excédent il correspond à la quantité d'azote non valorisée qui peut être perdue vers le sol, l'eau ou l'air (Foray 2017). Afin de réduire au maximum cet excédent, il faut raisonner les entrées au sein de l'élevage, notamment dans l'alimentation.

Des recherches sur la modulation des apports alimentaires se développent, dans les années 1980-1990, autour de la notion d'efficacité alimentaire : il s'agit d'adapter la ration en fonction

du stade physiologique, du potentiel génétique et de l'objectif de production. La CAB travaille sur cette thématique, notamment en porc à la station expérimentale de Crécom. Les expérimentations bretonnes contribuent à définir des rations optimisées, à tester le fractionnement ou la modulation protéique et énergétique selon l'âge ou la phase physiologique, tout en étudiant les rejets azotés. Aujourd'hui, on utilise l'alimentation multiphase pour l'élevage de porc qui consiste à adapter plus finement l'alimentation des animaux en plusieurs étapes (phases) au cours de leur croissance, afin de mieux répondre à leurs besoins nutritionnels qui changent avec l'âge et le poids. Concrètement, cela signifie que l'animal reçoit plusieurs aliments successifs qui sont différents : chaque aliment a une composition adaptée à une période précise de la croissance (3, 4 voire 5 aliments) (Drique, Gallien, Roy 2020).

Même avec une diminution des entrées d'azote, la masse d'effluents produite par la région Bretagne reste très importante. De ce fait, la recherche s'est penchée sur la destruction de l'azote dans les effluents organiques. Des chantiers d'expérimentations de traitement des effluents d'élevage ont été engagés, en transposant des technologies qui étaient utilisées pour des effluents urbains, industriels. Plusieurs acteurs travaillaient sur cette thématique comme la CAB et l'INRAE. Ces recherches ont débouché sur plusieurs méthodes de traitement des effluents : traitement biologique aérobie avec un système de nitrification/ dénitrification, le compostage, l'hygiénisation, ou encore la séparation des fractions solides et liquides du lisier comme le système TRAC de la Cooperl.

Dans le même temps, une vision plus systémique conduit à des travaux sur les prairies et systèmes herbagers pâturants, considérés comme des systèmes à très basses fuites d'azote. Tout un réseau d'essais agronomiques a été suivi jusqu'en 2010 sur la gestion des prairies. La CAB fait des essais sur l'ajustement de la fertilisation sur prairie, sur les meilleures successions après prairies. La CAB, l'INRAE, Arvalis se questionnent sur la meilleure façon de renouveler une prairie sachant la forte minéralisation consécutive à cette destruction. Des essais menés au cours du projet STBN proposent de faucher la prairie l'année précédant son retournement. Cette technique est difficile à mettre en œuvre sur le terrain car elle impose trop de contraintes organisationnelles pour les éleveurs. La mise en place de cultures à fort besoin en azote, telle que la betterave est également une solution. Enfin l'implantation de dérobées entre 2 prairies, et notamment des intercultures estivales est une piste intéressante, d'autant plus qu'elle permet de produire du fourrage sur l'été où la pousse de l'herbe est souvent ralentie. Pour essayer de privilégier au mieux le pâturage ils essaient d'identifier les variétés et espèces les plus adaptées à des conditions sèches pour pouvoir prolonger le pâturage. L'INRAE crée aussi l'outil Journées de présence au pâturage (JPP).

En 2012, se pose aussi la question de l'impact de tout ce système d'élevage sur le système de culture et son environnement direct. Alors, en 2012, l'observatoire EFELE est créé afin d'étudier les effets sur le long terme d'apports de PRO représentatifs de plusieurs systèmes de polyculture-élevage (bovin, porcs, ...) avec une succession culturale principale de maïs-blé. Les effets sont observés sur toutes les matrices, c'est à dire les végétaux, le sol, l'air et l'eau. En amont, on étudie aussi le processus de flux des nitrates (où ils sont produits, piégés ou stockés).

Modélisations à différentes échelles

De plus en plus, on s'intéresse à la modélisation comme un moyen de créer théoriquement des systèmes qui permettraient de limiter suffisamment les pertes nitriques et donc l'eutrophisation. En 1996, l'INRAE conçoit STICS (Simulateur mulTIdisciplinaire pour les Cultures Standard), un modèle de simulation du fonctionnement sol-plante-atmosphère à l'échelle de la parcelle agricole. Son objectif est de simuler la croissance des cultures, les bilans d'eau, de carbone et d'azote, et évaluer les impacts de différents systèmes de culture ou pratiques agricoles, en

prenant en compte le climat, le sol, le type de culture et les interventions de l'agriculteur (Equipe Projet Stics INRAE 2025). Grâce aux expertises du modèle STICS, le RMT Bouclage élabore Syst'N en 2012. Cet outil d'aide à la décision facilite le diagnostic des pertes d'azote sur la parcelle à l'échelle de la rotation, en simplifiant certains processus pour les rendre accessibles sur le terrain notamment pour les conseillers techniques et agriculteurs (UMR SAS 2021).

S'appuyant aussi sur le modèle agronomique de STICS, TNT2 (Topography-based Nitrogen Transfert and Transformations) est un modèle agro-hydrologique à l'échelle, cette fois, du bassin versant. Ce modèle est développé par l'INRAE UMR SAS au début des années 2000. Il simule les transferts et transformations de l'azote, en lien avec la topographie et les pratiques agricoles. Son objectif est de modéliser le lien entre les activités agricoles et les flux de nitrate à la sortie des bassins versants, afin d'évaluer l'impact des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau, et aider à la gestion territoriale de la pollution azotée. En 2017, ce modèle est couplé avec un autre modèle physicochimique et écologique des dynamiques des populations d'ulves, EcoMars3D-Ulves.

Ces modélisations permettent de tester des hypothèses de l'évolution du système agricole breton, des pratiques agricoles, et de leurs impacts sur les flux nitrates et sur les phénomènes des marées vertes. L'INRAE et la CAB travaillent sur des scénarios prévisionnels qui suivent la tendance actuelle (réduction de l'élevage et céréalisation) ou au contraire en opposition (extensification des élevages). Ces scénarios leur permettent de se projeter sur des évolutions de pratiques et d'identifier le cumul de ces évolutions qui pourraient réduire les flux de nitrates.

Afin de confronter la théorie, une expérimentation sur des fermes pilotes travaillant en système herbagé (considéré comme un système à très basses fuites d'azote) a été développée, avec l'objectif de prouver la possibilité de maintenir un niveau de production et de rentabilité des exploitations relativement élevé tout en limitant les pertes nitriques. C'est le principe du projet ACASSYA « ACcompagner l'évolution Agroécologique deS SYstèmes d'élevAge dans les bassins versants côtiers » pour lequel l'INRAE lance en 2009 une expérimentation avec une dizaine de fermes situées sur les bassins versants alimentant la baie de la Lieue de Grève dans les Côtes d'Armor. Sur les fermes, ils font des bilans et analyses de flux sur l'ensemble des ateliers pour déterminer l'efficacité azotée de chaque compartiment pour comprendre où sont les besoins d'améliorations. Les fermes comparent aussi leurs résultats économiques pendant des réunions, « *ça c'était génial parce qu'on avait aussi des chercheurs qui était avec nous* » (élu agriculteur enquêté). Les agriculteurs et chercheurs travaillaient ensemble et dialoguaient sur des solutions et leurs applications possibles ou non sur le terrain.

II.1.c Création et développement de multiples solutions et outils innovants

Grâce aux multiples recherches développées sur le sujet des nitrates, nombre d'outils, techniques, références et recommandations permettent aujourd'hui de travailler sur le problème nitrates. Ces résultats sont représentés en vert sur le chemin d'impacts (figure 16).

Une fertilisation plus raisonnée

La fertilisation est de plus en plus raisonnée, notamment grâce au plan de fumure prévisionnel (PPF), rendu obligatoire dans les « zones vulnérables » bretonnes en 1996 avec le premier PAN, et dont les modalités exactes sont définies par le Groupe Régional d'Expertise Nitrates (GREN) Bretagne et réactualisées à chaque nouveau programme d'action. Le PPF précise, pour chaque parcelle de l'exploitation, les besoins prévisionnels en azote, phosphore et potassium, et la quantité de fertilisants (organiques ou minéraux) à apporter pour chaque culture l'année à venir. Pour son suivi, il est obligatoire de tenir un cahier de fertilisation, qui enregistre, quant à lui, les apports effectivement réalisés pendant l'année. Pour faciliter l'utilisation du PPF, il existe un guide et un document de saisie mis à jour à chaque nouvel arrêté du GREN. Le réseau

national des Chambres d'agriculture a développé son propre outil nommé MesParcelles et lancé en 2007. L'ensemble des plans de fumure de la CAB sont réalisés avec cet outil et il est proposé selon 3 modalités aux agriculteurs : délégation complète, le conseiller utilise l'outil et valorise les données sur l'outil ; la co-réalisation des dossiers, l'agriculteur est responsable de sa saisie, il gère son parcellaire et sa fertilisation, et après il se réassure avec un conseiller ; gestion en autonomie complète. Le but de la démarche est d'amener les agriculteurs vers l'autonomie dans la gestion de fertilisation, qu'ils puissent utiliser convenablement le logiciel et ainsi en faire une vraie aide au lieu d'un appui purement réglementaire.

La dose prévisionnelle d'azote à apporter dans le cadre du PPF doit obligatoirement prendre en compte la mesure du reliquat sortie d'hiver ou, à défaut, les valeurs de la synthèse annuelle réalisée par la CAB et validée par le GREN disponibles dans une publication et grâce à la calculatrice RSH. Cette synthèse est réalisée grâce à un réseau de mesure annuel en Bretagne et des simulations avec Syst'N, basé sur des parcelles représentatives des conditions pédoclimatiques et des pratiques agricoles locales.

A la suite du projet Mh (défini plus haut), un outil permettant la connaissance de la minéralisation d'une parcelle a été mis en place par la CAB. Sol-AID, dont le déploiement reste encore relativement restreint, permet de calculer un des postes les plus incertains du PPF : la fourniture d'azote par le sol. Il calcule la minéralisation en fonction de la caractéristique de sol, des antécédents de pratiques et du climat local. L'agriculteur ou son conseiller renseigne dans l'outil des informations sur ses parcelles (via MesParcelles par exemple) et les caractéristiques physico-chimiques du sol obtenu par analyses. Ensuite, Sol-AID calcule une estimation à l'échelle de la parcelle de la minéralisation de l'azote organique disponible dans le sol pour la culture à venir (Lambert, Beff, Morvan 2020).

Pour une meilleure précision de l'épandage d'engrais en fonction des besoins des cultures, d'autres outils sont aussi utilisés. Il existe des références officielles sous forme de tableaux qui indiquent, pour chaque type d'effluent (fumier, lisier de bovin, lisier de porc, fientes de volailles, composts, boues, etc.), la proportion d'azote total qui est réellement disponible pour la culture la première année après l'épandage. On trouve ces « coefficients d'équivalence-engrais » dans la « Note explicative sur les coefficients d'équivalence engrais des Produits Résiduels Organiques (PRO) » annexe 11 de la DRAAF Bretagne, validé par le GREN (DRAAF Bretagne 2017).

Des règles spécifiques à l'épandage sont aussi suivies. Le document le plus important se nomme le plan d'épandage. Il organise et planifie l'épandage des effluents d'élevage sur les parcelles selon leurs aptitudes à recevoir ces effluents (pente, proximité de point d'eau, proximité de riverains). Le plan d'épandage est constitué de plusieurs éléments notamment le relevé parcellaire, les plans cadastraux, les cultures en place et principales successions culturales, la nature et la teneur en azote des effluents organiques épandus, un calendrier prévisionnel d'épandage rappelant, en zone vulnérable, les périodes d'épandage interdit et, hors zone vulnérable, les périodes d'épandage inapproprié. Il est obligatoire pour les exploitations classées ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) (Cerfrance Val de Loire [sans date]). Dans les zones en excédents structurel, on traite les effluents grâce à des stations de traitement (comme mentionné en amont) ou on les exporte.

Il existe aussi des guides techniques des Chambres d'agriculture avec des recommandations sur les « bonnes pratiques d'épandage » et des guides réglementaires des services de l'État (préfectures, DRAAF) qui explicitent les distances à respecter vis-à-vis des cours d'eau, captages, habitations, zones sensibles, les périodes d'interdiction et d'autorisation selon le type de produit organique et la culture, et l'importance d'adapter les doses épandues aux besoins des

cultures, en utilisant les coefficients d'équivalence-azote officiels. Les conditions techniques conseillées sont d'utiliser un matériel assurant une répartition homogène, d'éviter l'épandage sous conditions défavorables (fortes pluies, sols saturés, gel, vent fort), et de favoriser l'enfouissement rapide des effluents riches en azote ammoniacal (lisiers, digestats liquides) pour limiter les pertes gazeuses (DREAL Bretagne 2018). Pour s'adapter à ces préconisations, le matériel agricole évolue : l'utilisation de la buse palette laisse place au pendillard et à l'enfouisseur afin que l'azote soit ramené au plus proche de la plante (notamment grâce aux aides à l'achat Agri Invest). Des capteurs ou systèmes embarqués sont aussi utilisés sur les tonnes à lisier et les épandeurs à fumier. Ils mesurent en temps réel la concentration en azote des effluents organiques directement lors de l'épandage. Il s'agit généralement d'un capteur de type NIR ou d'un conductimètre, positionné à la sortie de l'épandeur. Cette technologie permet de raisonner les apports réellement apportés à la parcelle, de piloter automatiquement l'ouverture des vannes et la vitesse d'avancement selon une cartographie de besoins, et d'assurer la traçabilité précise de la fertilisation (Dagorn 2016).

Les outils d'aide à la décision complètent les références, guides et conseils des techniciens, facilitant ainsi une prise de décision plus efficace et raisonnée. Les agriculteurs expriment un regain d'intérêt pour ces outils, face à l'élévation des coûts des engrais minéraux. Ces approches s'appuient sur le fractionnement des apports d'azote pour s'ajuster au plus près des besoins réels de la plante. La CAB possède un réseau de parcelles avec des bandes doubles densités dont il communique les résultats régulièrement aux agriculteurs (durant la période nécessaire). Cela consiste à semer sur une bande étroite une densité de semis doublée par rapport au reste de la parcelle. Cette bande consomme l'azote plus rapidement. Lorsque la bande jaunit, cela indique une carence et signale qu'il est temps de faire le premier apport d'azote dans les 5 à 7 jours suivants. Cette méthode permet d'optimiser le timing de la fertilisation azotée en évitant les apports trop précoces ou trop tardifs.

Les outils satellites sont aussi utilisés comme outil d'aide à la décision qui permet d'apporter un regard complémentaire aux observations terrain. MeSatImage est un outil développé par la Chambres d'agriculture. Il exploite des images satellitaires pour fournir des informations sur l'état des cultures, notamment la végétation et son évolution, le stress hydrique ou nutritionnel, le suivi du développement des cultures au fil de la saison. L'idée est d'adapter la fertilisation aux conditions de l'année en cours. Pour le premier apport, on adapte la répartition de la dose d'azote en fonction des zones plus ou moins en carence. Et pour le dernier apport, en s'appuyant sur un modèle météorologique prévisionnel qui permet d'estimer le potentiel de rendement de l'année, l'outil détermine la dose optimale à apporter.

Couverts végétaux

Grâce à des recherches poussées, il est aussi possible aujourd'hui de limiter les fuites de nitrates vers l'eau. Les couverts végétaux sont obligatoires depuis 2014 dans le cadre du PAR5 dans toutes les zones vulnérables. Avec le PAR6 (2019), apparaît aussi des nouvelles modalités réglementaires : semis au plus tard le 10 septembre après céréales, et le 1er novembre après maïs, obligation de maintien des couverts jusqu'au 1er février minimum, obligation spécifique en zones d'actions renforcées (bande enherbée plus large) (Secrétariat général pour les affaires régionales 2018). Les couverts végétaux sont au départ considéré comme CIPAN (Cultures Intermédiaires Pièges À Nitrate), des cultures intermédiaires implantées entre les cultures principales, principalement destinées à capter les nitrates résiduels dans le sol pour éviter sa lixiviation vers les nappes phréatiques. Leur fonction initiale est donc environnementale. Cependant, ces couverts ne se limitent plus à la seule fonction de piège à nitrate, mais remplissent plusieurs objectifs agronomiques et environnementaux en même temps : protection du sol contre l'érosion, amélioration de la structure du sol et stockage du carbone, fourniture

d'engrais verts (apport d'azote via les légumineuses), refuge pour la biodiversité, lutte biologique contre les maladies et adventices par diversification des familles végétales, possibilité d'exporter une partie de la biomasse pour des usages énergétiques (couverts récoltés, par exemple CIVE pour culture intermédiaire à vocation énergétique) ou fourragers (dérobées par exemple). On appelle ces couverts les CIMS (Cultures Intermédiaires Multi-Services) (Chambres d'agriculture de Normandie [sans date]).

Afin de faciliter la mise en place de ces réglementations, plusieurs techniques d'implantation ont été développées : semis précoces de couverts ou les semis de couverts avant récolte (avec le semoir MaxiCouv conçu par Ets Devrand et la CAB en 2017) (Bouvier 2017). Diverses références ont été produites sur le choix des espèces et variétés de couverts en fonction des besoins. Par exemple, avoir plusieurs espèces dans son couvert peut être intéressant lorsqu'on sème un couvert précocement car les espèces se relayent pour avoir toujours une bonne couverture du sol. Pour tenter de maximiser cette couverture des sols, des méthodes de couverts-courts sont aussi déployées. En effet, selon les cultures, il peut y avoir seulement 3 mois de différences entre 2 cultures. Le couvert court est semé juste après la récolte de la culture d'été et détruit plus tôt, pour permettre le semis de la culture suivante.

Systèmes de cultures et systèmes d'élevage

On limite aussi les fuites de nitrates directement lors de la gestion de l'élevage. Tout d'abord directement dans l'alimentation, on utilise les techniques d'alimentation multiphase (précédemment expliqué) notamment avec des boîtes d'aliments standards développées par la CAB, l'INRAE, ou encore l'IFIP, qui ont permis de faire baisser les indices de consommation grâce à l'utilisation efficiente des correcteurs azotés pour équilibrer les rations. Ainsi, différents outils permettent d'évaluer la performance de l'élevage. Grâce aux résultats du contrôle laitier, on peut calculer « l'écart à la ration » (avec le taux protéique et le taux butyreux) qui désigne l'écart observé entre la ration calculée théorique et la ration assimilée pour le mieux par les animaux. L'efficacité réelle pour les animaux dépend de leur capacité à ingérer et à valoriser les aliments donc un écart trop important indique que la ration n'est pas optimale (Cournon 2009).

Le Bilan Réel Simplifié (BRS) est un outil de calcul simplifié permettant de réaliser un bilan de masse spécifique à chaque élevage. Il distingue les flux entrants dans le système « atelier d'élevage » (animaux, alimentation, litière) des flux sortants (animaux, produits dérivés et pertes gazeuses), afin d'estimer les éléments excrétés et ceux pouvant être épandus (Ponchant 2017).

L'outil « bouteille de lait », promu par le pôle herbivore de la CAB, est un outil technico-économique qui illustre la rentabilité de la production laitière en comparant le lait produit avec la ration de base et celui obtenu grâce aux concentrés. Ce concept vise à montrer aux éleveurs l'efficacité réelle du concentré alimentaire apporté. Par exemple, il permet de comprendre que les derniers kilos de concentrés apportés aux vaches produisent peu de lait supplémentaire mais augmentent fortement le coût alimentaire, ce qui peut conduire à produire du lait à perte (ChambreAgriBzh 2020). Cet outil permet souvent aux exploitants de se questionner sur leur assolement.

Par ailleurs, on traite aussi les rejets des animaux. Comme expliqué précédemment, dans le cadre des PMPOA 1 et 2 (entre 1994 et 2007), les agriculteurs situés en zones vulnérables ou zones d'action prioritaire ont dû mettre aux normes leurs moyens de stockage des effluents d'élevage. Ils ont effectué un Diagnostic Environnemental d'Exploitation d'Élevage (DEXEL) qui analyse les points de production et de stockage des effluents dans les bâtiments, puis leur utilisation en agriculture (épandage), afin de porter un diagnostic sur les équipements, les

pratiques d'élevage, et leur conformité aux réglementations environnementales. Sur la base du diagnostic, un plan d'amélioration est élaboré : construction, rénovation ou extension des fosses pour garantir une capacité suffisante de stockage des déjections ; amélioration des bâtiments pour le logement des animaux, intégrant des critères d'hygiène et d'efficacité technique ; installation ou mise en conformité des systèmes de collecte, transfert et épandage des effluents ; acquisition de matériels optimisés pour un épandage maîtrisé des effluents (Agence de l'eau Loire Bretagne 2017).

Afin d'avoir des prairies et systèmes pâturant bien gérés, plusieurs outils et références sont utilisés. L'outil Herb'Avenir est un outil informatique simple et rapide développé principalement par l'INRAE et la Chambre d'Agriculture de Bretagne. Il est destiné aux éleveurs et conseillers pour faciliter la gestion quotidienne du pâturage en calculant et en prévoyant le nombre de jours d'avance de pâturage (le temps pendant lequel le stock d'herbe est suffisant pour le troupeau) selon différentes hypothèses de croissance de l'herbe (Chambre d'Agriculture de Bretagne [sans date]). L'herbomètre est un outil de mesure de la hauteur d'herbe qui permet d'estimer la quantité réelle de biomasse disponible en tenant compte à la fois de la hauteur et de la densité du couvert végétal. Il se compose généralement d'un plateau posé sur l'herbe relié à une régle graduée. L'outil UGB JPP (Unité de Gros Bétail Journée de Présence au Pâturage) est un indicateur qui permet de mesurer la pression de pâturage sur les parcelles. Il combine le nombre d'UGB avec le temps de présence des animaux au pâturage exprimé en journées équivalentes 24h, par hectare pâturé (selon la méthodologie du GREN). Cet indicateur permet d'évaluer le niveau d'intensité du pâturage : un dépassement du seuil critique (lié au rendement moyen annuel de la prairie) ou d'un plafond réglementaire signale un risque de surpâturage, pouvant favoriser des fuites d'azote dans l'environnement. Il devient obligatoire pour toutes les exploitations laitières en zones vulnérables en 2019 sous le PAR6 (DREAL Bretagne 2018), et aussi dans le cadre des ZSCE algues vertes. La liste de ces outils n'est pas exhaustive, mais elle représente une partie du travail effectué sur la gestion du pâturage et des prairies. Le site de la Chambre d'agriculture de Bretagne propose encore beaucoup de références : des dossiers techniques complets sur la gestion de l'herbe, les associations d'espèces, la conduite du pâturage, l'implantation et la destruction des prairies.

Modélisations à différentes échelles

Grâce aux réflexions menées à l'échelle du système agricole et son lien avec le système naturel, des mesures de protection des cours d'eau et autres zones naturelles ont été mises en place. On reconstruit des haies et du bocage, plante des bandes enherbées, réaménage le parcellaire, restaure des zones humides, met en place une gestion différenciée des espaces à risque. Cependant, les modélisations de systèmes sont des projets de recherche assez récents, les connaissances sont toujours en cours d'acquisition, il n'y a donc pas de résultats concrets déployés à ce jour.

II.1.d Des modes de déploiement variés pour optimiser l'adoption des solutions et outils innovants

Les outils et références développés par la CAB et ses partenaires ne sont réellement utilisés qu'avec une méthode de déploiement efficace, qui permet à l'ensemble des acteurs du monde agricole de les comprendre et de les adopter. Ce déploiement stratégique peut être défini en 3 axes majoritaires. Ils sont représentés en jaune sur le chemin d'impacts (figure 16).

Actions de diffusion et transfert de connaissances

Les 3 stations expérimentales de la CAB réalisent des portes ouvertes chaque année (1 fois par an à Kergehennec par exemple) afin de présenter le travail effectué et de faire le point avec les

agriculteurs, initier l'échange sur de nouveaux thèmes, développer de nouveaux partenariats, remonter de nouvelles problématiques terrain. Sur les stations expérimentales ou encore chez des agriculteurs sur les réseaux de parcelles, des démonstrations peuvent aussi être organisées : démonstration de semis de couvert avec MaxiCouv, essais de fertilisation en bandes (type, modalité et période d'apport), présentation des OAD, matériel pour épandage de précision, essais variétaux, nouvelles cultures spécifiques, etc... Ces journées techniques ont pour objectif de réunir les agriculteurs et les conseillers de différentes structures pour appréhender les nouvelles innovations, en discuter, les sensibiliser et permettre de développer les liens avec la Chambre d'agriculture (objectif du « carnet d'adresse »). Les démonstrations effectuées directement sur les parcelles d'un agriculteur ont parfois plus de poids car les agriculteurs se reconnaissent plus facilement face aux expériences de leurs pairs qu'à des systèmes expérimentaux très contrôlés, même s'il y a un enjeu de répétabilité de ces essais dans le temps et l'espace pour plus de robustesse.

Pour maintenir un niveau d'information continu à ses agriculteurs, la CAB utilise plusieurs canaux. Elle utilise des supports papiers : création de fiches techniques ou de guides pratiques (document de conseil à destination des agriculteurs), rédaction d'articles dans la presse agricole ou de « flash BV », dans les revues techniques REUSSIR, dans la presse régionale (Ouest-France, Le Télégramme) ou encore dans la presse technique (Porc Mag, L'éleveur laitier, Paysan breton) ; et des supports numériques : envoi de newsletters comme la lettre AgriBZH-Info chaque début de mois à tous les agriculteurs bretons, utilisation des réseaux sociaux, et publication de vidéos sur la chaîne YouTube de la CAB (ChambAgriBzh). Ces canaux sont utiles pour informer sur les avancées des différents réseaux de parcelles de la CAB, sur les nouvelles innovations techniques et nouvelles références.

Accompagnements individuels

Le déploiement d'innovations passe aussi par l'accompagnement individuel, souvent avec les conseils techniques individuels réalisé auprès des conseillers de la Chambre d'agriculture, ou par d'autres structures de conseils (Innoval, Le Gouessant, Cooperl, Gab, Cedapa, CER ...). Les objectifs globaux des conseillers sont de concilier les enjeux de l'agriculteur (économique, social, agronomique) avec des pratiques agronomiques vertueuses. Lors de l'enquête, certains conseillers ont parlé de « *sensibiliser aux couverts d'intercultures* », « *rendre l'outil du plan de fumure pragmatique, pour amener le lien avec leur revenu* », « *faire du coaching au changement* ». Cet accompagnement permet notamment de renforcer le lien humain et donc la confiance de l'agriculteur à son conseiller : « *on amène toujours le contact avec l'agriculteur par un sujet qui l'intéresse, technique, économique, agricole. On s'adapte au public, on sonde le public. Même si nous, en termes de valeur, on sait où on va* » (salarié CAB enquêté).

Un accompagnement pour conseil individuel se déroule de la façon suivante : l'agriculteur prend contact avec la Chambre d'agriculture afin de présenter sa situation et ses attentes ; un conseiller expert organise un ou plusieurs rendez-vous individuels, au cours duquel il réalise un diagnostic précis de la situation (analyse des pratiques, examen des documents, observations sur le terrain) ; puis co-construit avec l'exploitant un plan d'actions ou des recommandations adaptées à l'exploitation et aux enjeux territoriaux ; un suivi peut être mis en place avec des visites de terrain ou un accompagnement à distance pour ajuster les pratiques, répondre aux questions et mesurer l'impact des changements. Cet accompagnement très individualisé permet d'aller plus loin dans le détail des indicateurs de l'exploitation, mais il est coûteux en temps.

Afin de financer une transition agroécologique réelle, il est obligatoire d'actionner des leviers économiques, c'est-à-dire de proposer des financements et autres subventions. Plusieurs méthodes d'aides aux agriculteurs sont utilisées pour répondre à cet objectif.

Les Mesures Agro-Environnementales et Climatiques (MAEC) sont des engagements volontaires des agriculteurs, souscrits pour une durée généralement de 5 ans. L'agriculteur s'engage à respecter un cahier des charges précis définissant des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement. Ces pratiques peuvent concerner la gestion de l'eau, la biodiversité, les sols, le climat, l'élevage, etc. En contrepartie de cet engagement, l'agriculteur reçoit une aide financière qui vise à compenser les surcoûts et pertes de revenus liés à ces pratiques. Les MAEC se présentent sous différents axes : des mesures systèmes avec un engagement sur au moins 90% de la surface agricole de l'exploitation (systèmes herbagers et pastoraux, polyculture-élevage, grandes cultures) ; des mesures localisées avec un engagement sur des parcelles ciblées liées à des enjeux environnementaux précis ; des mesures de protection des ressources génétiques ; des mesures climatiques et bien-être animal. Les MAEC sont programmées dans des Projets Agro-Environnementaux et Climatiques (PAEC) élaborés au niveau territorial. Le dispositif fait partie de la politique agricole commune (PAC) au titre du second pilier (développement rural) et est financé par des fonds européens, nationaux et parfois locaux.

Des expérimentations et actions liées aux PSE (Paielements pour Services Environnementaux) ont été mises en œuvre, notamment avec l'appui de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, pour encourager les agriculteurs à adopter des pratiques agricoles favorables à l'environnement. A la différence des MAEC qui est une compensation financière, les PSE induisent une logique de rémunération, socialement valorisante. Un fort engagement des agriculteurs a été observé lors de ces expérimentations, avec des indicateurs qui incitent à aller toujours plus loin dans l'amélioration des pratiques. Le paiement n'est d'ailleurs donné qu'à une exploitation ayant déjà progressé, « *cet aspect progressif et rémunérateur est assez sécurisant* » (salarié CAB enquêté).

Les chantiers collectifs en Bretagne sont des actions organisées à l'échelle de bassins versants, visant à améliorer les pratiques agricoles notamment la gestion des couverts végétaux et l'épandage. Ces chantiers sont souvent portés par des structures agricoles telles que les ETA (Entreprises de Travaux Agricoles) ou les CUMA (Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole), qui réalisent les travaux agricoles pour plusieurs exploitations. Ces chantiers bénéficient d'un soutien financier régional (notamment grâce au PLAV), avec une subvention totale ou en partie, ouverte à tous les agriculteurs ayant des parcelles sur des bassins versants concernés (Baie de Saint-Brieuc, Lannion, Morlaix, Douarnenez, Concarneau). Initialement, ces aides étaient limitées aux semis précoces de couverts végétaux jusqu'en 2022, mais elles ont été étendues depuis à d'autres prestations comme les semis sous-cultures ou les épandages précoces avec du matériel innovant de modulation des doses. Le principe majeur est que plus le semis des couverts est précoce, plus la couverture végétale est efficace pour fixer les nitrates, limitant ainsi leur lessivage vers les cours d'eau. Le déploiement de ces chantiers collectifs est massif depuis plusieurs années, avec un fort engagement dans l'ensemble des bassins versants impactés par la problématique des algues vertes, notamment la baie de Saint-Brieuc. En 2020, c'est 5470 ha de couverts végétaux précoces qui ont été implanté chez près de 400 exploitations, en partenariat avec 31 ETA et CUMA (Chambre d'Agriculture de Bretagne 2020). Cependant, ces chantiers rencontrent parfois des difficultés pratiques, notamment en raison de la concentration des besoins en main-d'œuvre agricole au même moment de l'année, avec un effectif limité dans les CUMA et ETA durant la période estivale (de nombreux travaux se chevauchent durant cette période).

Dans une optique similaire, une expérimentation portée par Lannion Trégor Communauté est mise en place dans les bassins versants du Douaron (depuis 2014) et de la Lieue de Grèves (depuis 2020) (carte en annexe VIII). Des agriculteurs mobilisés sur les questions environnementales avaient fait le constat qu'il y avait un trop gros manque de temps pour la

réalisation de travaux agro-écologiques intéressants. La « boucle vertueuse » rassemble environ 250 agriculteurs. Des conseillers de différentes structures (Chambres d'agriculture, Cerfrance, Innoval) réalisent des diagnostics complets sur chaque exploitation, évaluant les pratiques agricoles sur des critères comme la fertilisation (surface amender en matière organique/SAU, pression d'azote minéral), la couverture des sols (efficacité, succession, surface), la gestion des prairies (chargement, indicateur d'azote alimentaire) et le bocage (bonus si participation aux actions du BV et aux échanges fonciers). À chaque diagnostic est attribué un score de points reflétant le niveau de bonnes pratiques agricoles et environnementales. Plus l'exploitation est vertueuse, plus elle accumule de points. Ces points sont ensuite convertis en « chèques boucle vertueuse » d'une valeur de 100 euros par point, distribués sous forme de coupons de 25 euros utilisables pour financer des prestations bénéfiques à l'environnement, telles que le semis précoce des couverts végétaux ou l'épandage de précision (réalisées par des ETA). En alternative, ces chèques peuvent aussi servir à financer des jours de remplacement pour les agriculteurs (10 jours par personne, par an). Ce dispositif est financé par les bassins versants via le PLAV notamment. Ce système, bien que demandant un travail administratif conséquent pour la Chambre et les ETA (facturation, suivi des dossiers de subvention avec la DDTM, DRAAF), a rencontré un vrai succès encourageant les agriculteurs à s'engager dans une transition agroécologique. Les diagnostics réalisés dans le cadre de la boucle vertueuse peuvent aussi se substituer dans certains cas au diagnostic ZSCE. Aujourd'hui, la boucle vertueuse concerne plus de 70% des agriculteurs et 90% des surfaces agricoles des bassins versants concernés.

Accompagnements collectifs

L'accompagnement collectif déployé par la CAB repose sur plusieurs leviers. Un groupe d'éleveurs, animé avec un conseiller de la Chambre d'agriculture, organise quelques réunions par an pour analyser collectivement la répartition de leur azote. Ces groupes favorisent une confrontation entre différentes stratégies d'élevage, ce qui stimule la motivation des participants. Parallèlement, des groupes d'agriculteurs bénéficient de 3 à 4 actions de formations annuelles sur des thématiques telles que l'adaptation au changement climatique ou le pâturage hivernal, souvent financées VIVEA ou des appels à projet. Ces formations s'inscrivent dans une logique de recherche appliquée co-construite avec les éleveurs : les pratiques sont observées sur le terrain, les retours de la recherche sont communiqués aux agriculteurs, et l'expérience terrain est capitalisée pour élaborer ensuite des livrables, fiches techniques, et outils de communication. Les groupes ont un animateur dédié qui fournit les outils et références nécessaires, mais laisse surtout beaucoup de place aux échanges entre pairs, facteur clé de succès. Enfin, ces actions collectives s'accompagnent aussi de journées techniques et d'informations qui permettent de diffuser largement les résultats de la recherche et les bonnes pratiques auprès du plus grand nombre.

Les Chambres d'agriculture de Bretagne ont organisé plusieurs journées scientifiques sur le thème de l'azote, associant chercheurs, agriculteurs, techniciens, concessionnaires, semenciers, coopératives, salariés des agglomérations et autres structures, pour partager les avancées et références régionales. En 1998, la journée Futurazote traite des enjeux réglementaires et scientifiques liés à l'azote. De nombreux résultats et conseils sont présentés lors de cet événement : valorisation des engrais de ferme, mise en place de couverts végétaux, dynamique de minéralisation de l'azote des effluents, choix des épandeurs, bilan azote (équilibrer la fertilisation des cultures), composition des produits organiques, fertilisation des prairies, effet de la surfertilisation sur la lixiviation des nitrates.

En 2012, une journée nommée « 30 ans de références pour comprendre et limiter les fuites d'azote à la parcelle » est organisée par la CAB, en partenariat avec Arvalis, l'Institut du Végétal

et INRAE Agrocampus Ouest, et réunissant près de 300 participants. Son objectif est de discuter du bilan de 30 ans d'actions, d'expérimentations et de mobilisation collective en Bretagne.

L'objectif de ces actions de déploiement est d'anticiper en développant dès maintenant des pratiques concrètes avant l'arrivée de la réglementation, afin d'acquérir le recul nécessaire et d'accompagner efficacement, au moment venu, un plus grand nombre d'agriculteurs intéressés.

II.2 L'agriculture bretonne se transforme avec des résultats environnementaux encourageants mais des effets socio-économiques qui divisent les acteurs du territoire

II.2.a Les transformations sont portées par les solutions simples et/ou rentables privilégiées par les agriculteurs et les acteurs de terrain

Les outils, techniques et références déployés toutes ces années par les nombreux mécanismes cités précédemment, permettent d'amorcer des transformations dans le monde agricole, par les pratiques des agriculteurs, la structure de leur exploitation, mais aussi dans la gestion politique ou la vision sociétale. Ces transformations apparaissent en marron dans le chemin d'impacts (figure 16).

La prise de conscience du risque environnemental et sanitaire des algues vertes, entraînant rapidement un scandale sociétal, contraint la Bretagne à travailler en collectif et à toutes les échelles territoriales afin d'apporter des solutions rapides sur le terrain. Elle développe une gestion et une cohésion territoriale. Un grand nombre d'acteurs de tout type a été mobilisé, autant sur la réglementation que sur les solutions et leur déploiement, et l'accompagnement des agriculteurs (implication régionale, nationale et européenne). De fortes controverses ont fait entrer ces thèmes dans le débat public (création d'associations et de collectifs, enquêtes journalistiques). Dans le secteur de St Brieuc par exemple, la Chambre d'agriculture, le Syndicat Mixte de la Baie de St Brieuc, les structures agricoles, les élus agricoles et publics ont travaillé en commun sur la question nitrates, pour fournir des réponses cohérentes aux agriculteurs et aux citoyens. La création de groupe de dialogue et de commission locale et surtout les actions volontaires entraînées par certains agriculteurs (souvent élus) sont d'une grande importance au commencement. Certains enquêtés soulignent tout de même la perte de cette énergie au fil des années pour cause d'actions réappropriées rapidement par le réglementaire et des agriculteurs de plus en plus désabusés.

Depuis les premières analyses de concentration des nitrates dans l'eau, la gestion de cette problématique a grandement évolué en Bretagne. Durant plus de 30 ans, des réglementations se sont construites, quelques fois précurseur, s'appuyant sur la recherche fondamentale, et d'autres fois évoluant avec les conseils des acteurs de terrain et des élus agriculteurs. Pour la majorité des enquêtés, il y a consensus sur le pouvoir de changement qu'ont eu les réglementations mises en place : « *C'est la réglementation qui fait évoluer les choses* » (élu agriculteur enquêté). Ces directives et autres plans ont été un fil conducteur mais ce sont les acteurs du monde agricole qui ont permis de l'adapter chez les agriculteurs, grâce notamment à la recherche appliquée. Cette combinaison entre la recherche, le réglementaire et le conseil permet aux agriculteurs de comprendre le fond pour éviter de le subir mais de l'utiliser comme un outil. Comme nous dit un employé CAB enquêté : *"la question réglementaire oblige à avancer et les projets permettent aussi d'aller vers cela sans être trop brusque"*. Ces réglementations ont donc permis de grandes transformations de pratiques agricoles notamment la généralisation des couverts végétaux, du PPF et, plus généralement de la fertilisation raisonnée, et du stockage et traitement des effluents. En 2010, la Bretagne présentait un taux de

couverture des sols agricoles de 96 % : *"On ne s'imagine pas qu'ailleurs ce ne soit pas obligatoire"* (salarié CAB enquêté) ; *« Les couverts sont devenus la norme. »*. Les couverts sont bien implantés en Bretagne, autant sur le sol que dans l'imaginaire collectif. Grâce au travail de la CAB notamment, leur intérêt n'est plus à prouver : *"il y en a qui le font parce qu'agronomiquement c'est intéressant"* (salarié CAB enquêté) ; *« Le couvert apporte une terre beaucoup plus belle pour planter derrière. Aujourd'hui, ils le vérifient largement »* (coopérative enquêté). Depuis les années 2000, un effort massif de modernisation a permis de porter à plus de 95 % la conformité des élevages sur le stockage des effluents. Depuis 2017, le nombre de stations de traitement est estimé à plus de 500 installations. Au vu des transformations, la réglementation tente toujours d'évoluer en étant toujours plus précise comme avec la mise en place d'obligations différenciées en fonction des résultats de reliquat (RDD ou RPA). Autre exemple, les arrêtés ZSCE pris depuis 2022 définissent que les exploitations dont les résultats ou pratiques sont jugés insuffisants voient s'appliquer des mesures réglementaires renforcées et adaptées à leur situation. L'idée est donc d'orienter la réglementation vers une individualisation progressive des obligations. Cependant, la mise en place de ces réglementations n'est pas simple et peut aussi faire perdre les agriculteurs en compétences : *« le raisonnement de la fertilisation est très encadré. La plupart des agriculteurs ne font plus leurs plans de fertilisation eux-mêmes. »* (chercheur enquêté). La réglementation peut ainsi être vue comme un fardeau et une contrainte si elle n'est pas correctement déployée. : *« A chaque fois, l'agriculteur ne se l'est pas approprié de lui-même, il a fallu qu'on lui impose »* ; *« il est agriculteur pour travailler à son compte, pour faire ce qu'il veut, comme il veut. Et là, on lui dit ce qu'il doit faire, c'est dur »* (coopérative enquêté).

On constate, tout de même, une augmentation de la connaissance des agriculteurs sur la gestion agronomique, notamment pour la gestion de la fertilisation avec une augmentation de la technicité. Grâce au travail de la recherche et au déploiement divers de ses résultats et solutions les agriculteurs ont accès à une connaissance vaste des techniques de gestion des couverts végétaux (semis précoce, diversité des espèces) et de la gestion de leur fertilisation (connaissance de l'équivalence engrais de leurs effluents d'élevage, techniques des apports fractionnés).

Le travail de l'agriculteur est de plus en plus précis avec le développement des technologies et l'agriculture de précision. Les OAD sont volontairement de plus en plus utilisés pour comprendre le rendement à la parcelle et optimiser les apports. Il y a des analyseurs de teneur en azote sur les épandeurs et des GPS qui utilisent des données drones et satellites pour préciser l'apport en fonction de la zone : *« aujourd'hui les tracteurs, ce sont des cabines d'avion »* (élu agriculteur enquêté). Les machines agricoles sont, en effet, plus précises (passage de la buse palette au pendillard et à l'enfouisseur) avec des pratiques d'épandage moins émissifs. La Bretagne est aussi pionnière sur la pratique de l'alimentation raisonnée, première région de France à avoir désintensifié l'alimentation animal. On constate une optimisation économique et environnementale.

Ces transformations de pratiques sont notamment liées à des transformations de mentalité. Il y a, depuis les années 80, une évolution de la vision des acteurs agricoles sur la gestion agricole de l'azote : *« c'est clair qu'il y a eu des modifications très profondes des pratiques agricoles et de la façon de voir la gestion de l'azote par les agriculteurs »* (chercheur enquêté). Les agriculteurs ont compris la valeur agronomique des déjections animales, précédemment perçus comme des déchets. Ils ont observé les bénéfices des couverts d'intercultures sur la santé du sol et de la biodiversité : *« faire fonctionner son sol avant de faire fonctionner son portefeuille »* (coopérative enquêté). Certains agriculteurs ont également développé une prise de conscience environnementale globale, influencée par l'évolution des mentalités sociétales vers une meilleure protection de l'environnement et du vivant, désormais mieux intégrée dans

l'éducation : « *L'idée du respect de l'environnement, c'est quelque chose qui maintenant est bien ancré* » (salarié CAB enquêté). Les conseillers et distributeurs ont aussi changé de mentalité pour donner suite à une amélioration des formations. Il y a eu une reconnaissance de l'impact des activités humaines, et agricoles, sur l'environnement : « *il faut faire attention à ce qui est autour de nous et il faut éviter de dégrader les choses* » (élu agriculteur enquêté).

Cette prise de conscience provoque aussi une augmentation du nombre d'exploitations en bio ou avec des pratiques dites vertueuses. Un enquêté rapporte les dires d'un agriculteur récemment passé sous le label bio : « *je suis passé en bio, et je suis tellement plus tranquille dans ma tête maintenant par rapport à l'image que je renvoie et par rapport aux jugements que la société a de mon boulot* ». 15.3% des fermes bretonnes sont sous label bio en Bretagne, en 2023, un chiffre en constante augmentation depuis les années 2000 (13% de fermes bio en 2020 par exemple). Grâce à l'apprentissage de nouvelles pratiques et techniques, comme précédemment mentionné, « *les agriculteurs ont appris à faire mieux* » (salarié CAB enquêté) et « *à être de meilleurs utilisateurs de la ressource* » (salarié CAB enquêté). Néanmoins, la conjoncture économique actuelle fragilise la filière et limitent son développement.

Ces transformations de pratiques et autres technologies coûtent à l'agriculteur. Cela nécessite de penser à long terme (avec une meilleure santé du sol) ou de regarder son bénéfice économique plutôt que son chiffre d'affaires (baisse des charges de fertilisation minérale). Afin de répondre à ce problème économique la Bretagne a généralisé le principe des chantiers collectifs dans ses bassins versant algues vertes, financés pour des travaux bénéfiques pour l'environnement. Elle met aussi en place des expérimentations sur ce sujet qui sont une réussite comme le principe de la boucle vertueuse.

La CAB, en connexion avec la SAFER, a créé une réserve foncière afin de restructurer les exploitations au niveau foncier. Ils font une veille et demandent, pour les terrains libres, leur mise en réserve puis ils travaillent avec les éleveurs pour proposer des échanges. En étudiant certains scénarios, ils essaient de favoriser le développement du pâturage et une meilleure gestion des effluents et des rotations en rapprochant les parcelles de l'exploitation et en les défrayant. Ces échanges ont été multiples au fil des années et ont permis d'améliorer l'accessibilité au parcellaire. L'accès au foncier est aussi réglementé par le Schéma Directeur Régional des Exploitations Agricoles, qui dorénavant prend en compte l'environnement dans les décisions structurelles agricoles sur les baies algues vertes, avec l'obligation de signer une charte d'engagement. Il y a des critères de priorité pour l'attribution des terres : priorité aux exploitations plus petites, à ceux qui ont beaucoup de parcelles en zones humides, etc...

Ces transformations sont la marque de vrais changements structurels dans les pratiques agricoles, la gestion publique, la vision des citoyens,... Cependant, certaines transformations demeurent partielles ou non uniformes et ne peuvent être considérées comme représentatives de l'ensemble du monde agricole : « *il y a des transformations, mais qui ne vont pas forcément jusqu'au bout. Pas tout le monde, pas partout* » (coopérative enquêté).

II.2.b Les impacts positifs de la recherche appliquée de la Chambre d'agriculture sont environnementaux, sanitaires et politiques

Ces transformations génèrent des impacts sociétaux plus larges, présentés en orange dans le chemin d'impacts (figure 16).

Impacts sanitaires et environnementaux

L'impact majeur de la recherche appliquée et du développement associé, et des grandes évolutions de pratiques engendrées depuis plus de 30 ans, est la diminution de la concentration

en nitrates dans les eaux bretonnes. C'est aussi l'objectif principal de ces recherches. Grâce à cela la pression d'azote total diminue dans la majorité des bassins-versants (figure 17). Alors, la concentration en nitrates moyenne passe de 50mg/L en 1993 à 31mg/L en 2017. Cette diminution de 19mg/L (40%) de nitrates en moyenne dans les eaux bretonnes est un réel progrès, selon tous les enquêtés (figure 18). Cet impact est sanitaire et environnemental. Les captages d'eau potable conformes à la réglementation ont augmenté en Bretagne (annexe IX). La limitation des nitrates dans les aires de captage d'eau potable permet une meilleure qualité de la ressource en eau potable. La proportion de la population bretonne exposée à une eau potable non conforme aux seuils réglementaires pour les nitrates est désormais très faible (0,07% en 2017), traduisant des progrès sur la gestion de la qualité de l'eau distribuée (Besse 2025). De plus, la diminution de la concentration de nitrates dans les eaux est corrélée avec une diminution moyenne de la prolifération d'algues vertes dans les baies, avec un décalage d'une dizaine d'années environ (même si le phénomène est très irrégulier) (figure 19). La production d'H₂S est donc aussi en diminution. Le risque est aussi limité par la gestion politique des communes qui s'organisent efficacement pour ramasser les algues vertes échouées et faire de la prévention auprès des habitants et des touristes. La production d'hydrogène sulfuré est d'ailleurs très surveillée sur les plages. Il y a eu une prise de conscience par les citoyens du risque pour la santé, ce qui a permis de limiter les problèmes. De plus, la diminution des « marées vertes » sauvegarde les écosystèmes marins et côtiers : réduit le déséquilibre écologique induit par la prolifération d'algues vertes (qui asphyxie la faune et la flore marines).

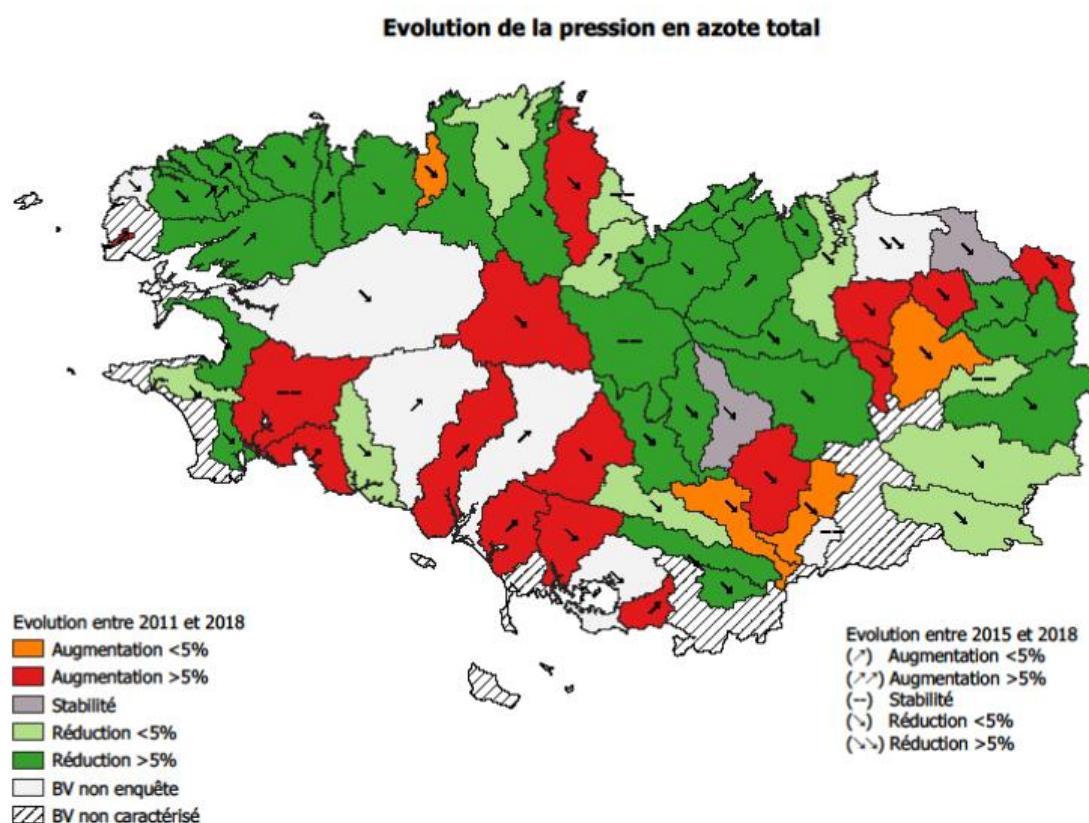


Figure 17 : Evolution de la pression en azote total pour les bassins versants entre 2015 et 2018 (Loyon et al. 2022)

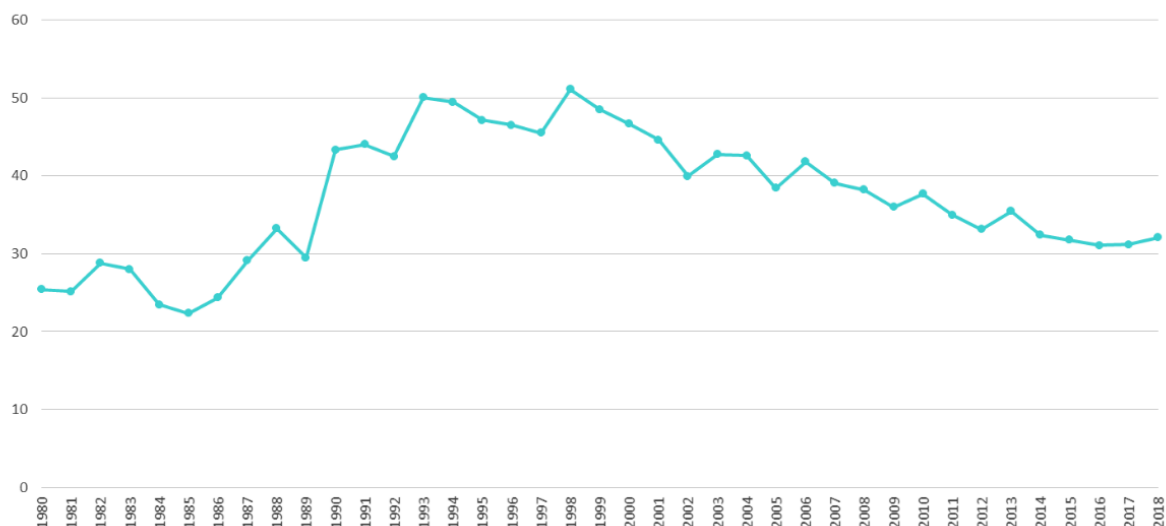


Figure 18 : évolution de la concentration en nitrates en Bretagne (moyenne du Q90 du Réseau de Contrôle de Surveillance) (Herber, Ferry 2019)

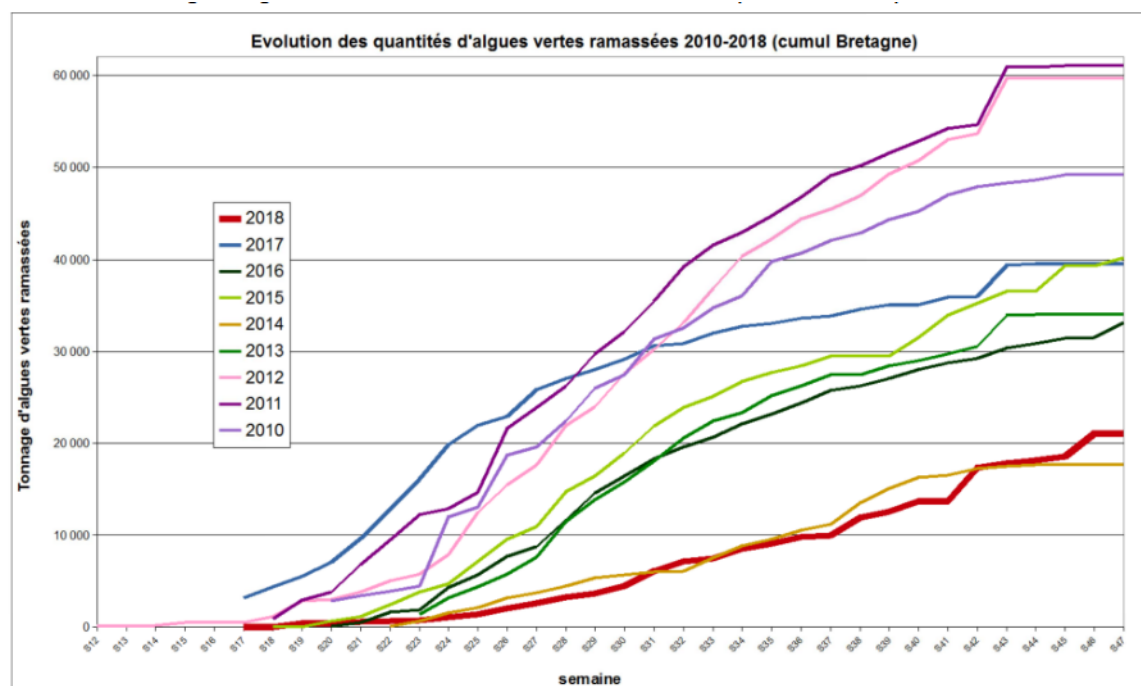


Figure 19 : Evolution des quantités d'algues vertes ramassées (Herber, Ferry 2019)

Les nouvelles pratiques instaurées ont aussi des bénéfices environnementaux élargis sur les écosystèmes. Il y a un impact environnemental bénéfique sur les matrices naturelles. Le développement de couverts végétaux, des prairies, des bandes fleuries et des zones humides favorise la biodiversité (pollinisateurs) et la santé et la qualité du sol. Cela peut aussi permettre de limiter l'utilisation de pesticides dans certains cas. Les cultures pérennes (fixation de carbone) et la limitation du retournement de sol ont aussi un effet sur le changement climatique. Les nouvelles techniques d'épandage limitent la volatilisation et donc la pollution de l'air par l'ammoniac.

Impacts politiques

Le monde agricole et politique breton, face à la problématique nitrates (assez inédite à l'époque en France), a su développer sa connaissance, et possède aujourd'hui une expertise sur la gestion pratiques, politique et territoriale des nitrates et des algues vertes dans sa région. Selon certains enquêtés, la Bretagne est donc en avance sur ce sujet, car elle bénéficie d'avoir traité ce sujet plus tôt, qui touche désormais d'autres régions de bord côtières : *« on est quand même en avance sur un tas de sujets d'un point de vue qualité de l'eau par rapport à d'autres régions, en tout cas en termes de prise de conscience par les éleveurs »* (salarié CAB enquêté). Il y a une « bretonnisation » des politiques publiques ailleurs en France pour la réduction de la pollution nitrates, car les résultats obtenus sont reconnus : *« dans les comités d'autres régions, on donne la Bretagne en exemple »* (élu agriculteur enquêté).

Un autre impact politique des recherches menées est leur influence sur l'évolution des réglementations liées à la gestion de l'azote. Ces réglementations, régulièrement adaptées et de plus en plus précises, ciblent désormais les exploitations les plus concernées plutôt que des territoires entiers, évitant ainsi des sanctions collectives excessives. Pour la plupart des acteurs agricoles interrogés, ces règles sont nécessaires pour progresser, même si leur complexité et leur accumulation finissent parfois par compliquer la compréhension et l'application sur le terrain. La réglementation a souvent été le principal moteur de transition agissant comme un électrochoc. Cependant, les gains obtenus par chaque nouvelle mesure sont de plus en plus limités. La multiplication et le durcissement des contraintes réduisent l'autonomie et la marge de manœuvre des agriculteurs. Par ailleurs, les politiques demeurent largement orientées vers le réglementaire, au détriment des actions volontaires. Certains outils sont captés par la réglementation, ce qui freine leur potentiel d'innovation. La pression juridique et associative, notamment dans les zones sensibles comme les baies à algues vertes, est très forte. Des associations, souvent opposées à l'élevage, multiplient les recours et les demandes d'amélioration, ce qui tend à durcir encore le cadre réglementaire. Cette situation génère un climat de tension où les agriculteurs se sentent régulièrement opprimés.

II.2.c Des impacts économiques et sociaux très débattus par les acteurs

Impacts sociaux

Le travail mené sur les nitrates peut avoir un impact positif sur la cohésion sociale entre agriculteurs et habitants des bassins versants, améliorant ainsi leurs relations. Le confort olfactif du voisinage s'est amélioré : les nuisances liées au stockage des effluents et au salissement des routes par exemple, ont vraiment diminué. Les pratiques, comme l'enfouissage du lisier et la mise en place de bandes fleuries, sont appréciées par les habitants. Les politiques sur les nitrates ont rapproché les acteurs agricoles du reste de la société locale. Les nombreux groupes de travail ont permis des discussions et débats entre agriculteurs, favorisant les échanges. Cela a favorisé la création d'un réseau territorial et une sociabilisation importante pour des agriculteurs qui peuvent être plus seuls que le reste de la population. Le dialogue entre les acteurs est aujourd'hui meilleur qu'auparavant. Comme le dit un enquêté : *« Globalement, il y a beaucoup de lieux où on peut discuter de ces sujets-là entre acteurs »* (chercheur enquêté). Cela contribue aussi à une amélioration de l'identité sociale des agriculteurs, qui perçoivent leur métier de façon plus valorisante. Un enquêté nous parle du ressenti d'un éleveur : *« T'es un peu plus à l'aise dans ton métier quand tu sais que tu as des pratiques rationnelles et que globalement tu ne travailles pas comme un sagouin »*. Cet impact social est réel pour certains, mais n'est pas uniforme sur le territoire, il dépend des habitants, des agriculteurs et de l'atmosphère politique.

Les enquêtés soulèvent tout de même un impact social négatif lié à l'augmentation de la charge réglementaire. Celle-ci se traduit par une augmentation significative de la charge de travail et de la charge mentale pour les agriculteurs. La mise en œuvre des réglementations (implantation des couverts par exemple) et les nombreuses obligations administratives (PPF), engendre un surcroît de travail important. Aussi, ces obligations imposent aux agriculteurs de modifier leurs pratiques et de toujours s'adapter aux nouvelles normes. Les périodes d'épandage sont plus restreintes (par exemple interdiction en automne, ce qui concentre le travail au printemps), ce qui nécessite plus de personnel et de matériel sur des plages temporelles réduites. Cette concentration du travail n'est pas toujours prise en compte dans le développement de solutions pour réduire les nitrates. La charge mentale s'accroît du fait des obligations de reporting et de la peur des contrôles, créant stress et anxiété chez les agriculteurs. Enfin, cette pression réglementaire s'accompagne d'une pression sociale où les agriculteurs sont souvent pointés du doigt comme responsables de la pollution aux nitrates (par les médias et associations notamment), ce qui a un impact négatif sur leur santé mentale et une détérioration du bien-être psychologique. Les agriculteurs ressentent une lassitude profonde face à des exigences sociétales qui ne cessent d'augmenter, avec l'impression que leurs efforts et progrès réalisés depuis plus de 20 ans ne sont ni reconnus ni récompensés. Cette situation génère un sentiment de blocage et de découragement.

Cependant, la mise aux normes des bâtiments d'élevage et du stockage des effluents (PMPOA) a contribué à améliorer les conditions de travail sur les exploitations agricoles en mettant en place des systèmes de stockage des effluents mieux conçus. Grâce à la canalisation des effluents dans des fosses bétonnées, les agriculteurs passent moins de temps dans les bouses et les zones souillées, rendant le travail plus propre et plus fonctionnel. De plus, l'amélioration des bâtiments, notamment une meilleure aération, diminue les problèmes sanitaires et facilite la récupération des déjections, ce qui représente un gain de temps pour les exploitants.

Impacts économiques

La plus-value des résultats apportés par la recherche appliquée est assez débattue entre les acteurs. Il n'y a pas de consensus clair ou de faits concrets qui prouvent une amélioration économique ou une rentabilité pour les agriculteurs ou pour l'Etat. En théorie, il y a valorisation de l'azote présent sur la ferme et donc moins d'achat d'engrais minéral. Mieux gérer l'azote permet de réduire le gaspillage, d'optimiser les marges et de renforcer la résilience des exploitations grâce à une utilisation circulaire des ressources et à la valorisation des déjections organiques. Beaucoup d'agriculteurs ont pris conscience de l'intérêt économique de certaines pratiques : le suivi des couverts végétaux a démontré des gains agro-techniques (meilleure qualité du blé, meilleur démarrage du maïs, sol plus facile à travailler). Certaines solutions low-tech, comme Maxi Couv, se révèlent aussi intéressantes économiquement. L'autonomie fourragère s'est développée sur certaines exploitations. Cette valorisation des ressources de l'exploitation à des fins économiques fonctionne en théorie, mais bon nombre d'agriculteurs n'observe pas forcément de plus-value, en fonction de la météo, les rendements peuvent être plus faible par exemple. Agir pour réduire les nitrates entraîne un empilement de contraintes et des coûts supplémentaires : investissement dans du matériel performant, limitation de la surface cultivable (remise en herbe de zones humides), gestion obligatoire et coûteuse du traitement des effluents et des couverts végétaux, augmentation des charges de mise aux normes. Pour beaucoup, ces efforts ne sont pas valorisés économiquement et la rentabilité n'est pas évidente, ce qui a contribué à l'arrêt de nombreux petits élevages (lors

des PMPOA). Comme l'explique un acteur de l'administration : « *tout ce qui est fait ne peut pas trouver de valorisation économique* » et dès lors qu'il n'y a pas de valorisation des efforts, le déploiement à grande échelle devient difficile.

Au sujet des dépenses de l'Etat, l'ensemble des politiques de réduction des nitrates représente un coût important pour la collectivité, à travers le financement d'actions préventives et curatives telles que l'accompagnement des agriculteurs, l'aménagement des milieux naturels, le ramassage et le traitement des algues vertes (création de plateformes de compostage). Pour la période 2022-2027, le budget total consacré à la lutte contre les algues vertes s'élève à environ 130 millions d'euros. Si ces financements n'ont pas encore généré de plus-value économique, il peut y avoir une baisse du coût du ramassage des algues liée à la diminution moyenne des marées vertes, qui pourrait permettre des économies à terme. La plus-value économique pour l'Etat n'est pas concrète aujourd'hui mais elle pourrait l'être à l'avenir. À titre de comparaison, le premier pilier de la PAC représente chaque année 7,4 milliards d'euros d'aides directes aux agriculteurs, soit plus de 300 fois le budget annuel consacré à la lutte contre les algues vertes (Cour des comptes 2021).

Parallèlement, les aides publiques injectées dans ces politiques génèrent une dynamique économique locale : elles stimulent l'emploi, favorisent le recours à des prestataires agricoles (ETA, CUMA) et encouragent l'achat et la mutualisation de matériel. Cela profite aux entreprises de travaux agricoles et à l'économie du territoire, tout en permettant aux agriculteurs de gagner en efficacité et en temps de travail. Cependant, cette évolution rend aussi les exploitants plus dépendants de prestataires et de solutions techniques complexes, fragilisant parfois leur autonomie individuelle malgré un bénéfice global pour l'écosystème économique local.

II.2.d Les freins et limites à la réduction des nitrates en Bretagne observés par les acteurs du monde agricole

Malgré tous les efforts fait pour réduire la concentration nitrates des eaux en Bretagne, cette amélioration se heurte à des freins et des limites, soulevés par nos enquêtés.

La réglementation est un levier de changement d'une grande importance sur la problématique nitrates. Cependant, elle amène une charge liée à sa complexité administrative. Dans les baies algues vertes, les méthodes et l'accompagnement ne sont pas harmonisés, chacune possédant ses particularités administratives. Les financements sont complexes et demande du temps : prévisions budgétaires, facturations, suivi des normes. La dimension procédurale de l'administratif limite la capacité d'adaptation, rendant par exemple complexe la modification en cours d'un axe d'un PLAV. Par ailleurs, lorsque des outils initialement conçus dans une logique d'accompagnement sont utilisés afin d'acquérir une portée réglementaire, ils tendent simultanément à devenir plus cadrés et standardisés, ce qui peut réduire leur efficacité en tant qu'outils de conseil. Un outil comme le PPF possède ainsi une image d'un outil de contrôle, très catégorisant, il n'est plus perçu par les agriculteurs comme un outil poussant à la réflexion sur la gestion et l'optimisation des intrants. La réglementation s'empare des outils et connaissances techniques développés par la recherche pour en faire des obligations dans une logique "tout blanc ou tout noir", ne laissant que très peu de marge d'interprétation : « *Quand l'administration s'empare d'une recherche, c'est un dévoiement de l'outil qu'on suit initialement* » (salarié CAB enquêté). Cela peut créer des réserves des agriculteurs sur la recherche scientifique, mais aussi des chercheurs eux-mêmes, de plus en plus réticents à

travailler sur une problématique, de peur que l'administration s'en empare. Dans une logique d'harmonisation sur le territoire et de simplification, l'administration peut aussi faire des choix d'indicateurs moins pertinents. « *L'administration fait des pirouettes et ferme les yeux* » (salarié CAB enquêté) pour simplifier les calculs de certains indicateurs (comme la non prise en compte de l'apport en azote des légumineuses dans les bilans d'azote, trop complexe à calculer).

Ces réglementations et nouvelles techniques agricoles ont obligé les agriculteurs à transformer leurs pratiques et leurs habitudes, ce qui a eu des impacts positifs clairs (comme mentionné précédemment). Cependant, il existe encore des freins économiques et structurels à ses transformations. La pression sociétale repose sur les agriculteurs seuls et implique une charge de travail importante, et pas forcément rémunérée. Pourtant, les agriculteurs restent avant tout des chefs d'entreprise, qui cherchent à faire fructifier leur activité et à en tirer des revenus leur permettant de vivre correctement grâce à leur travail. Il y a trop d'inconnus pour prendre le risque de sous fertiliser et de perdre du rendement, une perte économique qui sera portée par l'agriculteur seul. La conjoncture économique est donc un gros frein à l'évolution de pratique. Les activités de recherche appliquée sont développées et financées par de nombreux acteurs intéressés à créer des solutions. Mais l'adoption de ces solutions dépend de leur rentabilité ou encore de leur facilité d'adoption pour l'agriculteur. De plus, des contraintes de structures s'ajoutent à cela, notamment avec la gestion du foncier. Certaines fermes ont des parcelles éloignées ou très segmentées, la fertilisation prend du temps et coûte plus cher en déplacement : cela peut entraîner de la sur ou sous-fertilisation. L'accessibilité au foncier est de plus en plus limitée, alors que les besoins de foncier augmentent pour épandre les effluents des élevages ou développer le pâturage. Cette problématique, ajoutée à un temps de travail allongé, est un réel frein au développement des systèmes herbagers, pourtant considéré comme un système à très basses fuites d'azote. Il manque une approche du problème nitrates par la question socio-économique.

Comme mentionné, il y a toujours certaines inconnues qui font varier les rendements, ce qui ne permet pas à l'agriculteur d'avoir une totale confiance dans les outils et techniques proposés. En effet, la météo est un facteur essentiel et incontrôlable, pas si facilement prédictible sur une longue échelle de temps. Le changement climatique rend les phénomènes météorologiques encore plus aléatoires et intenses (pluies plus intenses, étés plus chauds) et aggrave son impact sur la production agricole. La difficulté du travail avec le vivant ne permet pas d'atteindre une efficacité optimale sur la gestion des fuites d'azote. De plus les progrès réalisés ne sont pas observables rapidement et dépendent de plusieurs facteurs naturels. Il y a une certaine inertie des flux d'azote présent dans les eaux qui peut s'étendre sur des décennies, des siècles. Les dernières études de TNT2 précise que le changement climatique favorise le développement des algues vertes, et donc que la diminution des flux d'azote a un impact moindre sur la diminution des échouages d'algues (un abattement de 30% des flux d'azote n'impacterait tout au plus 10% des échouages). De plus, pour contrer efficacement le phénomène des algues vertes, il faudrait descendre à une concentration autour de 15 mg/L de nitrates, un seuil quasiment impossible à atteindre avec les pratiques agricoles modernes et l'augmentation de la production. Ceci pose la question de la compatibilité entre agriculture moderne et élimination complète des marées vertes en Bretagne.

Les évolutions actuelles du modèle agricole ne favorisent pas la fertilisation raisonnée. La diminution des élevages laitiers (diminution d'1/3 entre 2010 et 2023) liés au faible nombre d'installations entraînent une tendance à l'agrandissement des fermes restantes et à la

céréalisation des terres, ce qui augmente l'utilisation d'engrais. Parallèlement, les élevages porcins hors sol s'agrandissent, produisant davantage de lisier. Les élevages laitiers encore actifs s'intensifient en raison de la hausse du prix du lait : *"Ce qui m'inquiète énormément aujourd'hui, c'est que comme le contexte laitier est très favorable, les gens intensifient"* (salarié CAB enquêté). Les éleveurs cherchent aujourd'hui à rationaliser leur temps de travail par la robotique et l'élevage en bâtiment, face au manque de main d'œuvre. Les jeunes exploitants veulent simplifier leur assolement et réduire la pénibilité du travail pour améliorer leur équilibre vie privée/professionnelle. Cette démarche les pousse vers des systèmes d'exploitation de grande taille nécessitant d'importants investissements. Ces exploitations à forte production maximisent les performances de leurs vaches en apportant de nombreux compléments azotés. De plus, la gestion de ces systèmes de grande envergure laisse moins de temps aux éleveurs pour s'occuper des cultures et gérer leur fertilisation.

Face à ces enjeux divers, certains enquêtés questionnent le manque d'intérêt pour des approches systémiques afin de travailler sur des enjeux multiples et interconnectés. Les résultats bien développés aujourd'hui sont centrés sur la technique et sont mono-enjeu : celui des nitrates. Dans les baies algues vertes, la majorité des financements et du travail des animateurs Bassins Versants de la CAB est employé à résoudre le problème nitrates. Les réglementations et politiques sur l'azote sont isolées des autres enjeux agricoles. Il n'y a pas de remise en question du système agricole dans son ensemble. Il serait intéressant d'entreprendre le développement de solutions qui répondent à plusieurs enjeux, comme celui des phytosanitaires, ainsi que de raisonner à l'échelle des systèmes et du territoire. Des projets sont déjà en cours en Bretagne, comme présenté dans le chemin d'impact (TNT2 par exemple), dans le but de modéliser les pratiques agricoles et de comprendre leurs impacts à l'échelle du bassin versant. Il est très probable que cette dynamique de recherche à un niveau plus systémique persiste et permettent de trouver des solutions techniques, sociales, économiques et environnementales qui pourront s'inscrire dans une logique cohérente de territoire et répondre à de multiples enjeux.

II.3 L'évaluation des impacts de la recherche appliquée génère des enseignements méthodologiques et peut être valorisée dans les pratiques IRD de la Chambre d'Agriculture

II.3.a Intégration de la méthode et des résultats de l'étude de cas dans l'élaboration d'une nouvelle stratégie IRD, la construction de futurs projets et la communication

Le travail fourni sur l'évaluation des impacts sociétaux de la recherche appliquée de la CAB sur l'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates permet de réfléchir à des axes d'améliorations pour la stratégie IRD et la construction de futurs projets.

Tout d'abord, afin de maintenir une évaluation des impacts d'autres projets, il serait recommandé d'intégrer, dès la phase de conception des projets de recherche appliquée, une réflexion approfondie sur les impacts potentiels (sociaux, sanitaires, économiques, politiques et environnementaux) des solutions développées. La méthode ASIRPA *in itinere* aide à la conduite de projets et programmes de recherche avec pour objectif de mieux mesurer les impacts des innovations et d'en maximiser la réussite. Elle est utilisée comme outil de pilotage particulièrement adapté à la recherche appliquée, contribuant à augmenter les chances de réalisation (Volmini 2024). Cela permettrait, en parallèle, de réfléchir au futur déploiement de ces innovations afin d'éviter des créations inutilisables en pratique pour causes de freins sur le terrain ou sociaux.

Les freins au déploiement des innovations sur le terrain peuvent être levés en renforçant la recherche appliquée, menée au plus près des conditions réelles des fermes. Il serait intéressant de favoriser l'innovation personnelle des agriculteurs. Il faudrait alors adapter la réglementation (comme fluidifier les agendas réglementaires par exemple) afin de laisser une marge de manœuvre à l'innovation : « *Si la réglementation était un peu moins contraignante et plus directive sur la gestion globale, les agriculteurs seraient capables de trouver des solutions adaptées à leur système qui seraient probablement beaucoup plus efficace que de se conformer à la réglementation seule* » (salarié CAB enquêté). Il serait aussi nécessaire de financer la prise de risque des agriculteurs et de les accompagner, afin de faciliter le développement de l'innovation dans les meilleures conditions. L'implication des conseillers joue un rôle décisif : la stabilité dans la durée est l'occasion de développer leur expertise et un bon niveau technique afin d'accompagner au mieux les agriculteurs.

Une seconde façon de développer l'innovation au sein des exploitations serait de s'appuyer encore plus fortement sur le développement de dynamique collective comme l'exemple des fermes pilote du projet ACASSYA. En s'appuyant sur quelques agriculteurs innovateurs avec une vision long terme et en produisant des données proches des situations actuelles des fermes, les agriculteurs auront une plus grande facilité à se reconnaître dans le projet et donc à adopter l'innovation. La reconnaissance des pairs étant très importante dans le monde agricole, il est utile de s'appuyer sur le système de pairs-aidants ou encore le bouche-à-oreille entre exploitants, pour essayer de diffuser des innovations. Ces méthodologies de co-innovation sont déjà pratiquées dans les projets de groupes d'agriculteurs animés par les CAB et dans certains projets de recherche appliquée.

Comme évoqué, une réglementation plus souple constitue un levier essentiel pour encourager l'innovation, à condition qu'elle reste claire, compréhensible et adaptée aux réalités locales. Elle doit éviter la complexification excessive et être différenciée selon les zones et les exploitations, afin de cibler véritablement les situations problématiques sans retomber dans une logique de « punition collective » comme celle des bassins versants contentieux. Il n'y a en effet pas de raison que les agriculteurs déjà engagés et respectueux des règles soient soumis à de nouvelles contraintes, alors qu'ils montrent déjà l'exemple. La réglementation doit donc conserver un rôle d'harmonisation et de cadre commun, proposer une direction vers des objectifs pertinents. Encore faut-il la rendre lisible, pédagogique et tournée vers l'innovation. Si une part de coercition est nécessaire pour avancer, elle doit toujours être corrélée à des démarches volontaires et co-construites, favorisant une prise de conscience collective.

Aussi, l'adaptation contrainte aux exigences de la réglementation, souvent centrée sur les pratiques individuelles, ne permet pas une réelle appropriation de l'aspect systémique de la gestion de l'azote au sein de l'exploitation et du territoire. Or, il est nécessaire de promouvoir une approche systémique globale, à double échelle (exploitation et territoire), et multi-enjeux, intégrant non seulement les dimensions environnementales (nitrates, pesticides, biodiversité), mais aussi les aspects sociaux et économiques : « *On sous-estime largement les besoins qu'il y aurait à rentrer dans une vraie approche systémique* » (salarié CAB enquêté). Développer des projets nécessite de considérer l'exploitation agricole dans son ensemble et son inscription dans un territoire, plutôt que de s'arrêter à des pratiques isolées. Cela suppose de combiner, autant que possible, des approches techniques à l'échelle de la culture, du sol, de l'air, permettant d'améliorer la compréhension des impacts agricoles sur le milieu, avec des approches plus systémiques. Il serait intéressant de mener, d'une part, des travaux centrés sur des approches

techniques segmentées et, d'autre part, des recherches à visée systémique. Ces deux dynamiques se nourrissent mutuellement, et leur articulation constitue un levier essentiel pour progresser vers une meilleure gestion globale des enjeux agricoles et environnementaux.

Les innovations doivent aussi viser la multiperformance, en associant performance environnementale et performance économique, mais également en tenant compte du temps de travail, de la viabilité des systèmes et de la reconnaissance sociale des agriculteurs. Les bénéfices environnementaux et sanitaires gagnent à être complétés par des retombées économiques concrètes pour les exploitants, ainsi que par une valorisation positive de l'agriculture auprès du grand public. Cela implique aussi de revoir les modalités de financement, aujourd'hui plutôt mono-thématique, pour encourager des projets multi-enjeux, plus attractifs et porteurs d'incitations durables.

La mutation du modèle agricole breton (réduction de l'élevage bovin, agrandissement des exploitations et céréalisation) peut être anticipé en proposant des alternatives vertueuses, en accompagnant l'orientation des terres et en travaillant sur la question foncière. La diminution de l'élevage représente une opportunité pour développer des systèmes agricoles moins polluants en nitrates et éviter un basculement vers la généralisation des grandes cultures. Dans cette perspective, le développement de prairies pâturées apparaît comme une alternative pertinente. Mais une telle transition suppose une réorganisation foncière ambitieuse et des dispositifs d'accompagnement adaptés, intégrant notamment des outils d'aménagement et d'aide au changement.

La réussite de la transition agricole repose également sur la capacité à s'accorder autour de valeurs et dogmes communs entre tous les acteurs du secteur – pouvoirs publics, structures de conseil, coopératives, entreprises. Si les outils existent déjà, leur efficacité est freinée par des messages contradictoires entre conseil technique et intérêts commerciaux (qui peuvent mener à la surconsommation d'intrants par exemple). L'utilisation parfois biaisée des outils d'aide à la décision (OAD), illustre ces dérives. Pour dépasser ces blocages, il est indispensable de construire un discours politique cohérent, porté collectivement et maintenu dans le temps, afin de donner de la stabilité et de la lisibilité aux orientations. Cela passe par une communication claire, une coopération renforcée et la mutualisation des connaissances, de manière à favoriser l'échange d'expériences, la co-construction de solutions innovantes et une adhésion à une trajectoire commune, au service de la multiperformance et de la durabilité.

II.3.b Réflexion sur l'amélioration de la mise en œuvre de la méthode ASIRPA (réadapté par l'ACTA) par la Chambre d'agriculture de Bretagne

Méthodologie ASIRPA

ASIRPA, comme les autres méthodes RIA, fait face malgré tout à certaines limites. Tout d'abord, l'évaluation repose sur l'expertise d'évaluateurs, ce qui implique un temps et un coût relativement élevés. Elle présente le risque que ces évaluateurs, lorsqu'ils sont confrontés à la notion d'impact sociétal qu'ils ne maîtrisent pas toujours, émettent des jugements partiels. Ces jugements peuvent être influencés par leurs biais personnels ou par d'éventuels conflits d'intérêts, compromettant ainsi l'impartialité et la légitimité du processus. Par ailleurs, les enquêtes, souvent peu informés sur tous les différents impacts, privilégient certaines catégories au détriment d'autres, ce qui fausse la vision globale des effets de leurs travaux.

De plus, la problématique de l'échelle temporelle constitue une autre limite majeure. Les effets d'une recherche peuvent apparaître plusieurs décennies après sa publication. Cette temporalité

peut biaiser les résultats, soit en sous-estimant des recherches à impact tardif, soit en surestimant des effets positifs initiaux qui pourraient se révéler négatifs à long terme (Bedouret, Dupleix 2019).

Spécificité du cas d'étude

Dans l'ensemble, la méthodologie utilisée a permis d'atteindre l'objectif initial de ce mémoire : comprendre l'impact des actions IRD de la CAB sur l'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des nitrates. Cependant, il est possible d'améliorer sa mise en œuvre pour de futures études d'impact de la CAB. Tout d'abord, notre cas d'étude était très large et aurait pu être travaillé encore plus précisément sur une période plus longue. Cette étude englobe une multitude de projets et est donc difficilement exhaustive. Sur une période de temps plus longue, le nombre d'entretien aurait pu être élargi en contactant des personnes du monde éducatif (lycée agricole, BTS, école d'agro), des groupes et associations agricoles tournés vers des techniques agro-écologique (CIVAM, GAB), des agriculteurs et groupes d'agriculteurs (n'ayant rencontré que des élus agriculteurs pour cette étude), plus de financeurs (pour être plus précis sur les méthodes de financement des projets), et des associations de citoyens qui portent l'opposition aux nitrates en Bretagne comme Eau et Rivières de Bretagne (contacté mais resté sans réponse).

D'autre part, les résultats de l'étude, reposant sur le ressenti et l'expérience des acteurs rencontrés, peuvent présenter des biais (des biais qu'on retrouve lié à l'utilisation d'ASIRPA). La composition de l'échantillon influence de manière décisive les conclusions de l'étude, car les enquêtés discutent des sujets qu'ils connaissent le mieux. Il est donc possible de perdre de l'information. Les questions assez larges et soumises à l'interprétation peuvent aussi engendrer des réponses imprécises, il faut en être conscient même si cela permet de capter l'information la plus importante pour l'enquête. Cela implique d'apporter une attention particulière au choix des personnes à enquêter. L'étude menée révèle l'importance d'accorder du temps à une recherche documentaire approfondie et structurée permettant de contextualiser le travail, s'imprégner de l'historique de la recherche appliquée pour mieux appréhender les entretiens. Une répartition temporelle plus étalée dans le temps des entretiens permettrait d'analyser progressivement les données et d'approfondir certains aspects émergents lors des entretiens. L'élaboration des outils gagnerait à être construite selon un processus évolutif, ponctué d'étapes intermédiaires dédiées à un échange avec l'ensemble des parties prenantes et autres structures du comité de pilotage permettant de les ajuster, d'enrichir l'analyse et les valider.

Enfin, il pourrait être intéressant de mesurer la « taille » des impacts en utilisant les grilles de notations découpées en différents axes qui permettent de créer un vecteur d'impact (comme expliqué dans la méthodologie ASIRPA). Ce travail aurait nécessité plus de temps pour recueillir des données qualitatives et créer des grilles de notations validées par des experts, cela peut être une proposition de suite dans la continuité de ce mémoire.

Malgré les limites identifiées, la méthode ASIRPA démontre sa pertinence pour analyser les impacts de la recherche appliquée dans le secteur agricole. Les éléments d'amélioration proposés visent à optimiser son application future pour de prochaines études de cas menées par la Chambre d'Agriculture de Bretagne.

Conclusion

Les grandes évolutions agricoles du siècle dernier, tel que l'intensification de l'élevage, l'agrandissement des exploitations et les avancées techniques et technologiques ont permis d'augmenter la productivité de l'agriculture en Bretagne. Ces transformations ont abouti à des modifications du milieu naturel, notamment l'augmentation des nitrates dans les eaux. Ceci entraîne une prolifération des algues vertes dans les baies bretonnes, étant déjà un espace très propice à leur développement (peu de courant, eau clair, présence de phosphore). La diminution des nitrates dans les rivières et nappes phréatiques devient un enjeu primordial pour l'environnement et la santé publique face à la quantité trop élevée des nitrates dans les captages d'eau potable et le gaz toxique produit par la décomposition des algues vertes sur les plages. La Chambre d'Agriculture de Bretagne, la recherche, les puissances publiques et collectivités locales ainsi que de multiples acteurs collaborent pour développer des innovations et les déployer sur le terrain. Le déploiement se fait grâce à l'accompagnement d'agriculteurs volontaires et par l'obligation réglementaire. En parallèle de nombreux plans et financement sont mis en place, tel que les PLAV ou les PAR. Grâce à la combinaison de tout cela, certaines solutions sont déployées à grande échelle sur le territoire breton et induisent des transformations. La couverture des sols, le plan prévisionnel de fumure, et le stockage et traitement des effluents sont désormais des principes acquis et inclus dans les réglementations. Les pratiques agricoles sont de plus en plus efficaces avec le développement de l'agriculture de précision et une meilleure connaissance des agriculteurs sur la gestion des intrants notamment par la fertilisation raisonnée et l'amélioration de l'alimentation animale. Ces transformations des systèmes agricoles ont pris du temps et ont des impacts sociétaux visibles sur du long terme. L'impact environnemental et sanitaire est facilement identifiable grâce aux statistiques qui montrent une concentration de nitrates en diminution dans les eaux bretonnes. La ressource en eau potable est donc améliorée et les algues vertes présentes sur les côtes ont tendance à diminuer. Le volet réglementaire est aujourd'hui bien en place et se spécialise dans les zones à risques, même si les réglementations peuvent encore sembler trop complexes et peu fluides. Les impacts sociaux et économiques sont très partagés selon les acteurs. On peut voir des bénéfices pour les agriculteurs, sur l'amélioration des bâtiments de travail et pour certains, une meilleure cohésion entre agriculteurs, avec le voisinage grâce au travail collectif mené. Seulement, les exploitants bretons portent une lourde pression liée à la charge mentale et la charge de travail qu'impliquent toutes les règles sur les bassins-versants, mais aussi la mauvaise image encore ancrée de la société sur leur travail. Les impacts économiques sont aussi mitigés. En fonction des agriculteurs les innovations apportées peuvent être bénéfiques par une meilleure valorisation de l'azote, ou défavorable pour cause des potentielles pertes de rendement, coût d'investissement, ou perte de zone cultivable.

L'application de la méthode ASIRPA (préalablement adapté par l'ACTA et le MASA) a répondu aux attentes de la Chambre d'Agriculture de Bretagne. La CAB peut, dorénavant, étendre cette méthode à d'autres études de cas avec une approche ex post (c'est-à-dire sur des innovations passées) ou bien appliquer l'approche in itinere afin de visualiser les impacts lors du développement des innovations. Ce mémoire représente une synthèse de tout le travail effectué pendant 40 ans sur le sujet nitrates en Bretagne. L'innovation a permis des avancées majeures vers la diminution des nitrates dans les eaux, bien qu'il reste du chemin à parcourir pour réduire encore la prolifération des algues vertes. La voie s'ouvre aujourd'hui vers une approche systémique (multi-enjeux et multi-performances) qui permettra d'apporter une réponse encore plus adaptée aux problématiques environnementales, sociales et économiques.

Bibliographie

ACTA, 2024. *Guide méthodologique - Mener une étude d'impacts ASIRPA exp-post adaptée au CasDAR*. 2024.

AGENCE DE L'EAU LOIRE BRETAGNE, 2017. *Rapport PMPOA 1 & 2 Programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole*. 2017.

ALTER, Norbert, 2000. L'innovation ordinaire. *Puf / Sociologies*. 2000. pp. 1-28.

AMICE, Laurent, 2025. Qu'est ce que l'innovation de rupture ? *MINES Paris | PSL Executive Education* [en ligne]. 23 mai 2025. [Consulté le 8 juin 2025]. Disponible à l'adresse : <https://executive-education.minesparis.psl.eu/quest-ce-que-linnovation-de-rupture/>

APPCB, 2025. SAGE Baie de Saint-Brieuc. [en ligne]. 2025. [Consulté le 25 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.appcb.fr/appcb/les-sage-en-bretagne/saint-brieuc/>

BEDOURET, Laura et DUPLÉIX, Anna, 2019. Impact sociétal de la recherche : évaluation et perspectives. *Techniques de l'Ingénieur* [en ligne]. juillet 2019. [Consulté le 25 mars 2025]. DOI 10.51257/a-v1-ag117. Disponible à l'adresse : <https://hal.science/hal-02404043>

BESSE, Timothée, 2025. Le suivi des nitrates dans les cours d'eau bretons. [en ligne]. 2025. [Consulté le 24 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <https://bretagne-environnement.fr/thematique/eau/article/nitrates-eau-surface>

BOULAIN, Jean, 2006. *Histoire de la fertilisation phosphatée 1762-1914*. 2006.

BOUVIER, David, 2017. *Maxi Couv' - Compte-rendu 2014-2017*. 2017. Chambre d'Agriculture de Bretagne.

BOZEMAN, Barry, 2003. Public Value Mapping of Science Outcomes: Theory and Method. *Center for Science, Policy, & Outcomes*. 2003.

BOZEMAN, Barry, DIETZ, James et GAUGHAN, Monica, 2001. Scientific and technical human capital: An alternative model for research evaluation. *International Journal of Technology Management*. 1 janvier 2001. Vol. 22. DOI 10.1504/IJTM.2001.002988.

BUXTON, M. et HANNEY, S., 1996. How can payback from health services research be assessed? *Journal of Health Services Research & Policy*. janvier 1996. Vol. 1, n° 1, pp. 35-43.

CAD, ADAC 22, [sans date]. L'Observatoire en ligne des Côtes d'Armor. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.armorstat.com/atlas_armorstat_agriculture_msa.html

CALLON, Michel, 1986. The Sociology of an Actor-network. In : *Mapping the Dynamics of Science and Technology*. Macmillan. London.

CERFRANCE VAL DE LOIRE, [sans date]. Plan d'épandage : pour qui, quoi, pourquoi, comment ? *Cerfrance Val de Loire* [en ligne]. [Consulté le 31 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <https://val-de-loire.cerfrance.fr/pages/plan-depandage-pour-qui-quoi-pourquoi-comment>

CGDD, 2015. *Les pollutions par les engrais azotés et les produits phytosanitaires : coûts et solutions*. 2015.

CGDD, 2023. Limites planétaires. *notre-environnement* [en ligne]. 2023. [Consulté le 23 avril 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.notre-environnement.gouv.fr/>

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, [sans date]. Outils gestion du pâturage - Mon Espace Pro Bretagne. [en ligne]. [Consulté le 1 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://espacepro-bretagne.chambres-agriculture.fr/mes-outils-pro/mes-outils-bovins-lait/outils-gestion-du-paturage>

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, 2020. *Projet Baie 2027 - Baie de Saint Brieuc*. 2020.

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, 2024. *Agriculture et agroalimentaire de Bretagne en clair - ABC Les chiffres*. 2024.

CHAMBRE D'AGRICULTURE FRANCE, 2024. L'innovation se décline également en élevage. [en ligne]. 24 juillet 2024. [Consulté le 8 juin 2025]. Disponible à l'adresse : <https://chambres-agriculture.fr/actualites/actualite/linnovation-se-decline-egalement-en-elevage>

CHAMBRE RÉGIONALE D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, 2024. *L'Ecosystème Recherche Innovation Développement national* [en ligne]. 7 mai 2024. [Consulté le 19 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://resoca-my.sharepoint.com/:p:/g/personal/anne_jorre_bretagne_chambagri_fr/EQS_uV-3MQZPpDLGT9TOq1QBkUQlwI5v9lj9-M1D_T5c8w?e=DKyEDN

CHAMBRES D'AGRICULTURE DE NORMANDIE, [sans date]. Couverts Végétaux d'interculture. [en ligne]. [Consulté le 31 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <https://normandie.chambres-agriculture.fr/sinformer/etre-agriculteur/produire/cultures/conservation-des-sols/couverts-vegetaux-dinterculture>

COCAUD, Martine, 1992. La métamorphose des campagnes. *l'Ouest en mémoire* [en ligne]. 1992. [Consulté le 24 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <http://fresques.ina.fr/ouest-en-memoire/parcours/0003/la-metamorphose-des-campagnes.html>

COMMISSION LOCAL DE L'EAU, 2017. *baie 2027 - SAGE de la baie de Saint-Brieuc - tome 1 diagnostic*. 2017.

Conseil Bouteille de lait - Chambres d'agriculture de Bretagne, 2020. [en ligne]. [Consulté le 31 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=YGSXgLutC90>

COUR DES COMPTES, 2021. *Evaluation de la politique publique de lutte contre la prolifération des algues vertes en Bretagne*. 2021.

COUR DES COMPTES, 2025. *L'INNOVATION EN MATIÈRE AGRICOLE Une contribution essentielle à la transition agroécologique*. 2025. Rapport public thématique - Évaluation de politique publique.

COUR DES COMPTES, 2025. *L'INNOVATION EN MATIÈRE AGRICOLE : Une contribution essentielle à la transition agroécologique. Rapport public thématique - Evaluation de politique publique*. février 2025. pp. 245p.

COURNON, 2009. L'alimentation décortiquée par l'analyse des taux | FIDOCL Conseil Elevage. [en ligne]. 2009. [Consulté le 31 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <http://www.fidocl.fr/content/lalimentation-decortiquee-par-lanalyse-des-taux>

DAGORN, Toma, 2016. Le capteur lit en direct la teneur en azote du lisier. *Journal Paysan Breton* [en ligne]. 2016. [Consulté le 4 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.paysan-breton.fr/2016/09/le-capteur-lit-en-direct-la-teneur-en-azote-du-lisier/>

- DAUCÉ, Pierre et GUIGUENO, Louis, 1984. Aux origines de la modernisation agricole et de l'intensification de l'agriculture en Bretagne. *Noroi*. 1984. Vol. 124, n° 1, pp. 541-557. DOI 10.3406/noroi.1984.4196.
- DE RIJCKE, Sarah, HOLTROP, Tjitske, KALTENBRUNNER, Wolfgang, ZUIJDERWIJK, Jochem, BEAULIEU, Anne, FRANSSSEN, Thomas, VAN LEEUWEN, Thed et WOUTERS, Paul, 2019. Evaluative Inquiry: Engaging research evaluation analytically and strategically. In : *Impact of Social Sciences and Humanities for a European Research Agenda Valuation of SSH in mission-oriented research* [en ligne]. fteval - Platform for Research and Technology Policy Evaluation. juillet 2019. pp. 176-182. [Consulté le 27 mars 2025]. Disponible à l'adresse : <http://repository.fteval.at/id/eprint/455>
- DÉPARTEMENT DU FINISTÈRE, 2021. Le remembrement des terres agricoles. [en ligne]. 2021. [Consulté le 24 avril 2025]. Disponible à l'adresse : <https://archives.finistere.fr/guide-dorientation-et-de-recherche-sur-les-archives-economiques-et-des-entreprises/archives-34>
- DRAAF BRETAGNE, 2017. *Note explicative sur les coefficients d'équivalence engrais des Produits Résiduels Organiques (PRO)*. 2017.
- DREAL BRETAGNE, 2018. *Directive nitrates - 6ème programme d'actions en Bretagne*. 2018.
- DREAL BRETAGNE, 2019. Les Chambres d'Agriculture. *DREAL Bretagne* [en ligne]. 2019. [Consulté le 22 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/les-chambres-d-agriculture-ca-a3619.html>
- DRIQUE, Constance, GALLIEN, Sarah et ROY, Hervé, 2020. Effet d'une alimentation multiphase en soupe sur les performances zootechniques et l'utilisation de protéines par les porcs charcutiers. *Chambre d'agriculture de Bretagne*. 2020.
- EAU ET RIVIÈRES DE BRETAGNE, 2023. Nitrates | Etat des lieux. *Eau et Rivières de Bretagne* [en ligne]. 2023. [Consulté le 24 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.eau-et-rivieres.org/nitrates-etat-des-lieux>
- EAU ET RIVIÈRES DE BRETAGNE, 2024. Consultation sur le plan Nitrates breton : l'avis d'Eau & rivières. *Eau et Rivières de Bretagne* [en ligne]. 2024. [Consulté le 24 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.eau-et-rivieres.org/consultation-sur-le-plan-nitrates-breton-lavis-deau-rivi%C3%A8res>
- EL KAHRI, Lamia et EL AMRANI, Mohammed, 2021. L'innovation organisationnelle au service de la performance des entreprises agroalimentaires : Cas du Grand Agadir. *Revue Française d'Economie et de Gestion*. 2021. Vol. 2, n° 5, pp. 27-51.
- EQUIPE PROJET STICS INRAE, 2025. Présentation du modèle Stics. [en ligne]. 2025. [Consulté le 1 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://stics.inrae.fr/presentation-du-modele>
- FORAY, Sylvain, 2017. *Idele - Gestion de l'azote dans les systèmes d'élevages herbivores - Evaluation et amélioration de l'efficience de l'azote, réduction des transferts vers les milieux aquatiques*. 2017.
- GRILICHES, Zvi, 1958. Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations. *Journal of Political Economy* [en ligne]. 1958. Vol. 66, n° 5. [Consulté le 27 mars 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.jstor.org/stable/1826669>
- HÉBERT, Jean, 1969. *La fumure azotée du blé tendre d'hiver*. 1969.

HERBER, Pauline et FERRY, Pascale, 2019. *Rapport environnemental du programme d'actions régional en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole de la Bretagne*. 2019. Service patrimoine naturel - DREAL.

HERVE, Betty et VIAL, Anne-Claire, 2019. *L'innovation en agriculture*. 2019. Avis du Conseil économique, social et environnemental.

HOVAV, Anat et SCHUFF, David, 2003. The Changing Dynamic of the Internet: Early and Late Adopters of the IPv6 Standard-The Changing Dynamic of the Internet: Early and Late Adopters of the IPv6 Standard. . juin 2003. pp. 1-46.

JOLY, Pierre-Benoît, COLINET, Laurence, GAUNAND, Ariane, LEMARIÉ, Stéphane, LARÉDO, Philippe et MATT, Mireille, 2015. Évaluer l'impact sociétal de la recherche pour apprendre à le gérer : l'approche ASIRPA et l'exemple de la recherche agronomique. *Annales des Mines - Gérer & comprendre*. 2015. Vol. 122, n° 4, pp. 31-42. DOI 10.3917/geco1.122.0031.

JOLY, Pierre-Benoît, GAUNAND, Ariane, COLINET, Laurence, LARÉDO, Philippe, LEMARIÉ, Stéphane et MATT, Mireille, 2015. ASIRPA: A comprehensive theory-based approach to assessing the societal impacts of a research organization. *Research Evaluation*. 1 octobre 2015. Vol. 24, n° 4, pp. 440-453. DOI 10.1093/reseval/rvv015.

KOK, Maarten O. et SCHUIT, Albertine J., 2012. Contribution mapping: a method for mapping the contribution of research to enhance its impact. *Health Research Policy and Systems*. 2 juillet 2012. Vol. 10, n° 1, pp. 21. DOI 10.1186/1478-4505-10-21.

LA CNDP, 2021. Webinaire de controverse n°1 : LES NITRATES, QUESAKO ? *Purpoz* [en ligne]. 2021. [Consulté le 23 avril 2025]. Disponible à l'adresse : <https://purpoz.com/events/04-novembre-2021-webinaire-de-controverse-ndeg1-les-nitrates-quesako>

LAMBERT, François, 1972. Le Plan routier breton - Ina.fr. *l'Ouest en mémoire* [en ligne]. 1972. [Consulté le 24 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : <http://fresques.ina.fr/ouest-en-memoire/fiche-media/Region00058/le-plan-routier-breton.html>

LAMBERT, Yvon, BEFF, Laure et MORVAN, Thierry, 2020. SOLAID : un outil pour mieux prédire la minéralisation de l'azote du sol. . 2020.

LESAINT, Sylvie et CHEVIN, Claire, 2022. Données définitives du recensement agricole 2020 pour la Bretagne et ses départements : chiffres-clé. . 2022.

LHOSTE, Évelyne F., 2024. Pourquoi et comment évaluer la recherche et l'innovation ? *Cahiers de l'action*. 2024. Vol. 63, n° 2, pp. 77-86. DOI 10.3917/cact.063.0077.

LOYON, Laurence, BIOTEAU, Thierry, CAUSEUR, David, HOUÉE-BIGOT, Magalie et ETIENNE, Marie-Pierre, 2022. *INRAE - Convention collaboration recherche DREAL - Proposition d'une contribution au rapport d'évaluation environnementale du Programme d'actions nitrates breton*. 2022.

MEAGHER, Laura, LYALL, Catherine et NUTLEY, Sandra, 2008. Flows of knowledge, expertise and influence: A method for assessing policy and practice impacts from social science research. *Research Evaluation*. 1 septembre 2008. Vol. 17, pp. 163-173. DOI 10.3152/095820208X331720.

MINISTÈRE DE LA CULTURE, 2018. Définition Innovation incrémentale | FranceTerme | Culture. [en ligne]. 7 décembre 2018. [Consulté le 8 juin 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.culture.fr/franceterme/terme/ECON1492>

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, 2001. *CORPEN Diagnostic de la pollution des eaux par les produits phytosanitaires - bases pour l'établissement de cahiers des charges des diagnostics de bassins versants et d'exploitations*. 2001.

MINISTÈRES AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE TRANSITION ÉCOLOGIQUE, 2020a. *Concertation préalable Révision du programme d'actions national nitrates*. 2020.

MINISTÈRES AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE TRANSITION ÉCOLOGIQUE, 2020b. *Gestion de l'eau en France*. [en ligne]. 2020. [Consulté le 28 avril 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/gestion-leau-france>

MONET, Jérémy, 2022. *Manager son équipe grâce à la courbe d'apprentissage. Manager - Simplement* [en ligne]. 9 mars 2022. [Consulté le 22 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://manager-simplement.com/manager-courbe-apprentissage-s/>

MOUGIN, B., ALLIER, D., PUTOT, E., SEGUIN, J-J., SCHROETTER, J-M. et BLANCHIN, R., 2007. *Bassins versants bretons en contentieux européen : typologie et modélisation de l'évolution des concentrations en nitrates*. 2007. Brgm.

OFFICE OF HEALTH ECONOMICS et HEALTH ECONOMICS RESEARCH GROUP, 2008. *Medical research: what's it worth? : estimating the economic benefits from medical research in the UK*. Uxbridge, Middlesex. : Brunel University, Health Economics Research Group. ISBN 978-1-84129-080-5.

PONCHANT, P., 2017. *Le Bilan Réel Simplifié volaille*. 2017. ITAVI OUEST.

REF, 2012. Panel criteria and working methods. *UK: REF2014*. 2012.

SECRÉTARIAT GÉNÉRAL POUR LES AFFAIRES RÉGIONALES, 2018. *ARRÊTÉ établissant le programme d'actions régional en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole*. 2018.

SMIT, Jorrit P et HESSELS, Laurens K, 2021. The production of scientific and societal value in research evaluation: a review of societal impact assessment methods. *Research Evaluation*. 1 juillet 2021. Vol. 30, n° 3, pp. 323-335. DOI 10.1093/reseval/rvab002.

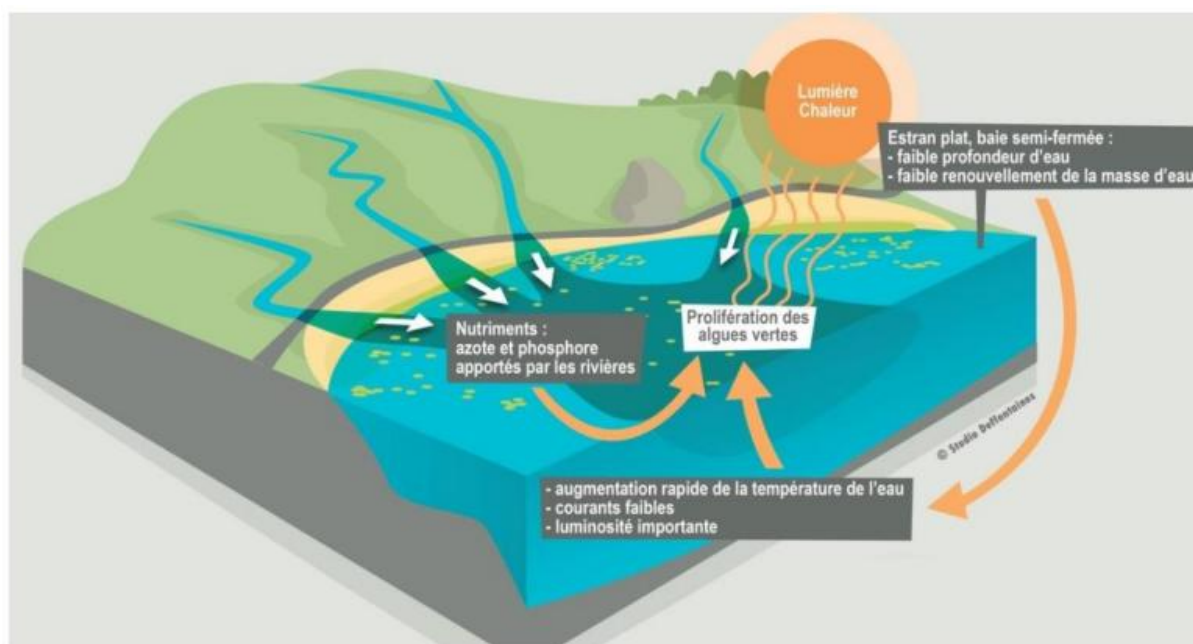
SPAAPEN, J. et VAN DROOGE, L., 2011. Introducing « productive interactions » in social impact assessment. *Research Evaluation*. 1 septembre 2011. Vol. 20, n° 3, pp. 211-218. DOI 10.3152/095820211X12941371876742.

UMR SAS, 2021. Syst'N. *INRAE* [en ligne]. 2021. [Consulté le 4 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://umrsas.rennes.hub.inrae.fr/outils-de-recherche/outils-et-services-numeriques/syst-n>

VOLMINI, Giulia, 2024. *Les outils de pilotage par l'impact de ASIRPAtr*. 2024. INRAE - tetrae.

Annexes

Annexe I : Processus entrant en jeu dans l'eutrophisation (CNDP, 2021)

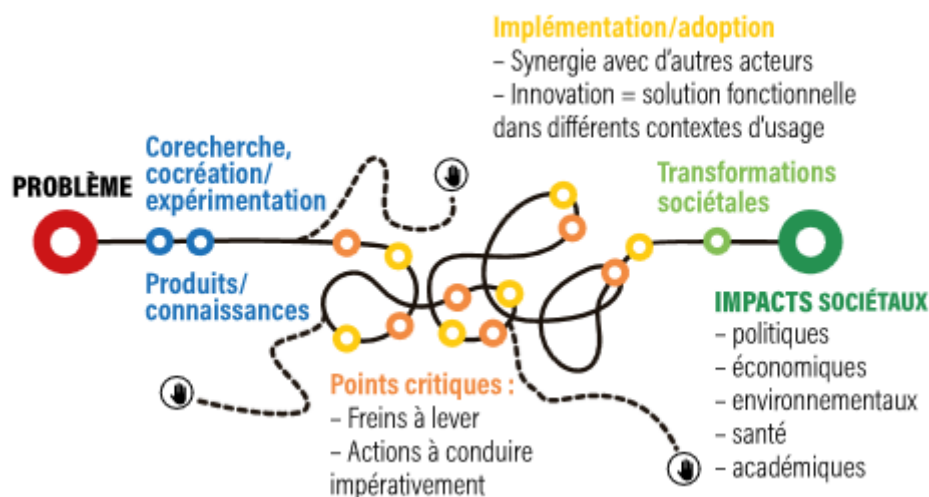


Annexe II : Comparaison des principales hypothèses théoriques de 10 méthodes d'évaluation (Smith & Hessels 2021, tableau modifié par Lola Arnoux, 2025)

Méthode <i>Contexte original</i> <i>Publication clé</i>	Rôles des acteurs	Mécanisme d'interaction	Concept de valeur sociétal
Payback Framework <i>UK medical research</i> (Buxton, Hanney 1996)	Inclue l'ensemble du processus de recherche dans l'évaluation de l'impact. Rôles divers pour les acteurs non universitaires.	Cyclique	Mix
Science and Technology Human Capital <i>US STEM research</i> (Bozeman, Dietz, Gaughan 2001)	Impact en termes de diffusion, d'utilisation et d'effets des résultats de la recherche = « boîte noire de l'impact » acteurs non universitaires = utilisateurs / bénéficiaires	Linéaire	Produit
Public Value Mapping <i>US science policy</i> (Bozeman 2003)	Inclue l'ensemble du processus de recherche dans l'évaluation de l'impact. Rôles divers pour les acteurs non universitaires.	Cyclique	Mix
Monetisation <i>UK medical research</i> (Office of Health Economics, Health Economics Research Group 2008)	Cliniciens en tant qu'utilisateurs, patients en tant que bénéficiaires. N'utilise aucune donnée qualitative	Linéaire	Bénéfice

Flows of Knowledge <i>UK research council funding</i> <i>(Meagher, Lyall, Nutley 2008)</i>	Impact en termes de diffusion, d'utilisation et d'effets des résultats de la recherche = « boîte noire de l'impact » acteurs non universitaires = utilisateurs / bénéficiaires Inclue les intermédiaires en tant qu'acteurs clés	Cyclique	Bénéfice
SIAMPI <i>Research institutes for European Commission</i> <i>(Spaapen, Van Drooge 2011)</i>	Inclue l'ensemble du processus de recherche dans l'évaluation de l'impact. Rôles divers pour les acteurs non universitaires. Théorie de l'acteur-réseau	Cyclique	Usage
Contribution Mapping <i>Global health sector</i> <i>(Kok, Schuit 2012)</i>	Inclue l'ensemble du processus de recherche dans l'évaluation de l'impact. Rôles divers pour les acteurs non universitaires. Théorie de l'acteur-réseau	Co-production	Usage
Impact Narratives <i>UK assessment of university research</i> <i>(REF 2012)</i>	Impact en termes de diffusion, d'utilisation et d'effets des résultats de la recherche = « boîte noire de l'impact » acteurs non universitaires = utilisateurs / bénéficiaires	Linéaire	Bénéfice
ASIRPA <i>French public agricultural research institute</i> <i>(Joly, Gaunand, et al. 2015)</i>	Inclue l'ensemble du processus de recherche dans l'évaluation de l'impact. Rôles divers pour les acteurs non universitaires (intermédiaires en tant qu'acteurs clés). Théorie de l'acteur-réseau	Cyclique	Mix
Evaluative Inquiry <i>(De Rijcke et al. 2019)</i>	Inclue l'ensemble du processus de recherche dans l'évaluation de l'impact. Rôles divers pour les acteurs non universitaires. Théorie de l'acteur-réseau	Co-production	Non prédéfini

Annexe III : Trajectoire d'impact non linéaire de la résolution d'un problème dans un processus d'innovation (Lhoste 2024)

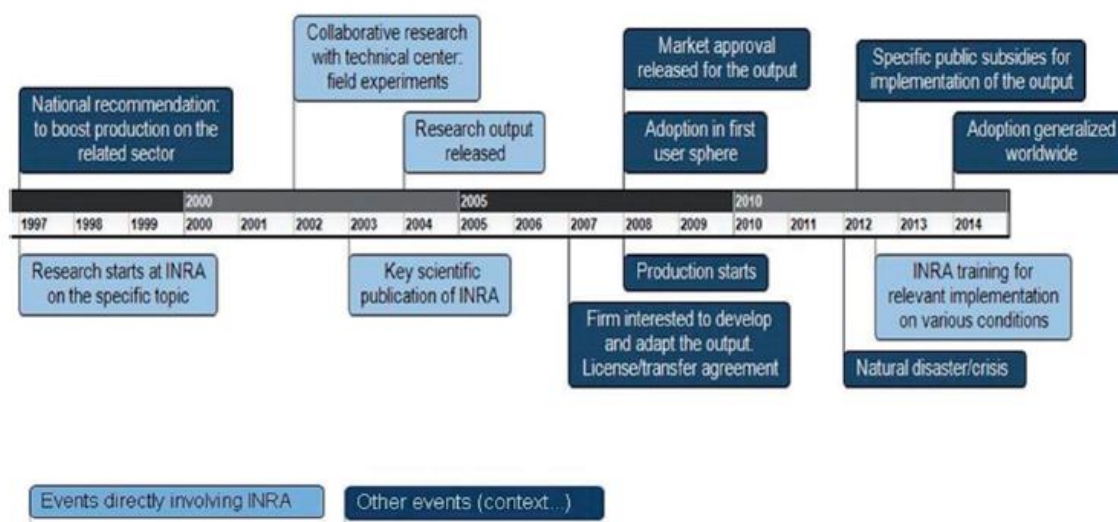


Annexe IV : Description des outils de la méthodologie ASIRPA (Joly, Gaunand, et al. 2015)

Voici une brève présentation de ces outils standardisés :

- La Chronologie

Les financeurs attribuent souvent tous les effets découlant au contrat concerné alors que le contrat n'est généralement qu'une contribution parmi un ensemble d'activités plus vastes et plus longues. En effet, il y a un long décalage entre le financement des actions de recherche et l'impact. La chronologie ASIRPA prend en compte tous les événements significatifs sur le chemin menant aux impacts. Elle met en évidence les dimensions temporelles, multi-acteurs et contextuelles de l'impact.

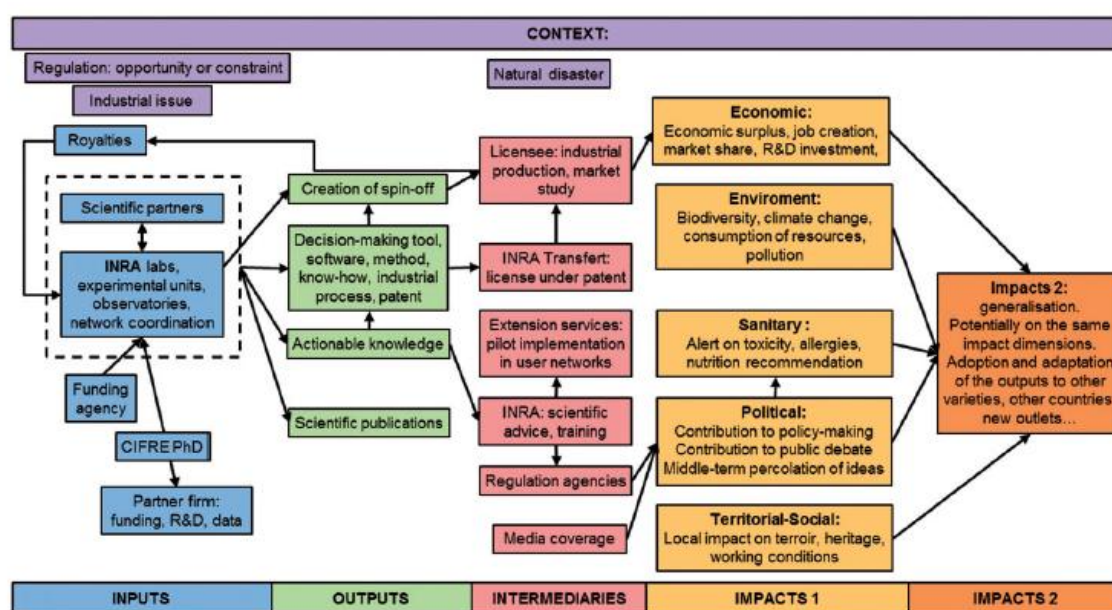


Chronologie hypothétique de l'ASIRPA (Joly, Gaunand, et al. 2015)

- Le chemin d'impact

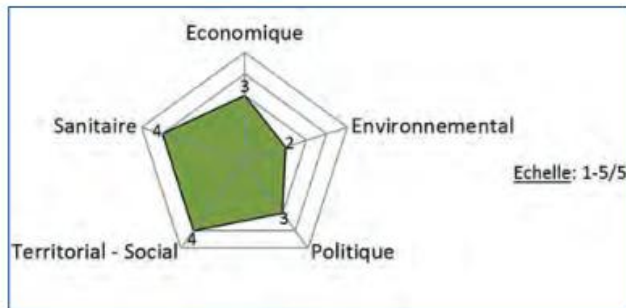
Il propose une représentation graphique des étapes de génération d'impact, mettant en avant le travail de recherche, le parcours de connaissance en dehors de la sphère académique, et son

utilisation par les acteurs socio-économiques. Il capture la diversité des parcours et des processus d'itération tout en standardisant la description du parcours dans un nombre limité de phases identifiables. Il est inspiré de la théorie de l'acteur-réseau qui définit la traduction comme un processus en quatre étapes consistant à : (1) définir un problème commun à résoudre (problématisation) ; (2) intéresser et impliquer les acteurs (intérêt) ; (3) définir les rôles des différents acteurs impliqués (enrôlement) ; et (4) aller au-delà du premier ensemble d'acteurs (mobilisation)(Callon 1986). De cette théorie ressort 3 concepts utilisés par ASIRPA : (1) la configuration productive qui englobe l'ensemble des investissements financiers, humains et physiques et les partenaires académiques ou socio-économiques pour la production de connaissances scientifiques ; (2) les intermédiaires qui permettent de rendre les connaissances utilisables, ce sont des organisations dédiées au transfert de connaissances ou des objets qui incorporent les connaissances ; (3) la généralisation des impacts où l'impact va au-delà de la première sphère d'utilisateurs ciblés pour atteindre un ensemble plus large d'utilisateurs finaux (plus grand nombre d'utilisateurs dans une zone spatiale plus large ou plus grande variété d'utilisateurs). Sur un chemin d'impact est représentée les caractéristiques de la recherche (inputs), ses produits (outputs), les intermédiaires impliqués, les impacts primaires (impacts 1), et les impacts secondaires (impacts 2). Ce parcours est le plan directeur qui guide la collecte et l'analyse de données.

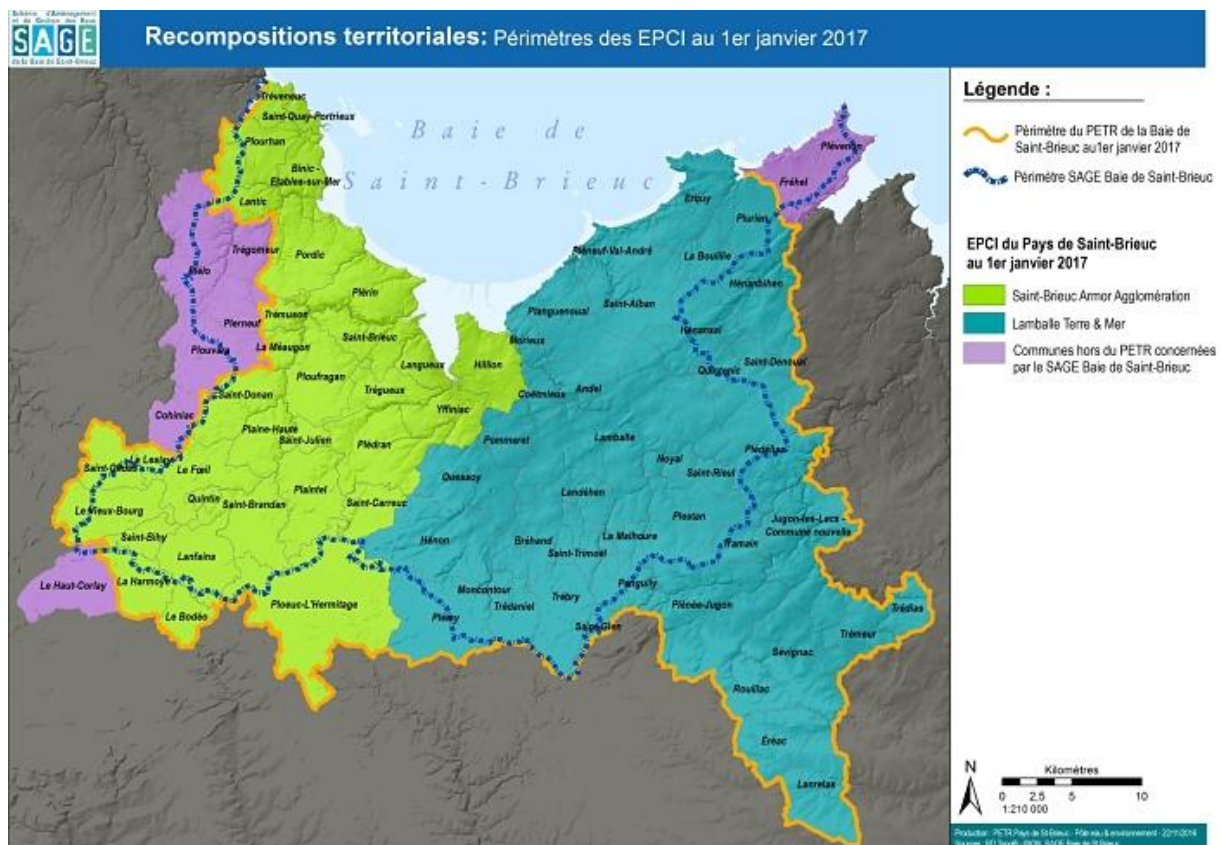


Une voie d'impact fictive selon ASIRPA (Joly, Gaunand, et al. 2015)

Annexe V : Vecteur d'impact - le cas de la lutte génétique contre la tremblante du mouton (Joly, Colinet, et al. 2015)



Annexe VI : communes et communautés de communes du SAGE de la baie de Saint Brieuc (APPCB 2025)



Annexe VII : guide d'entretien

Partie 1 : Présentation de la démarche

Objectif du stage : étude d'impact des actions d'innovation, recherche et développement de la Chambre et de ses partenaires à l'échelle de la Bretagne (et plus spécifiquement du bassin versant de St Brieuc) sur l'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction de la pollution aux nitrates.

Appuie sur la méthode ASIRPA : Méthode d'Analyse de l'impact sociétal de la Recherche + le guide méthodologique de l'ACTA (conçu pour mesurer l'impact des projets CASDAR)

Différents outils (repris sur le guide de l'ACTA) à produire à la fin du stage :

- Chronologie : répertorier les événements notables qui se sont déroulés (ici à partir des années 2000)
- Arbre des problèmes : outil permettant de décomposer un problème identifié avec ses causes et conséquences pour présenter la problématique
- Chemin d'impacts : contributions majeures de la CAB et de ses partenaires pour la conduite des actions IRD ; ses résultats ; transformations et impacts observés (effets des transformations au niveau social, sanitaire, économique, politique et environnemental)
- Carte de l'écosystème des acteurs : Comprendre les dynamiques et partenariats entre les acteurs et l'influence de certains dans la génération des transformations et des impacts observés

L'objectif final étant de rédiger un récit d'impacts de la recherche appliquée autour de la réduction de la pollution aux nitrates.

Partie 2 : Exploration du sujet d'étude

Historique et éléments contextuels – réduction de la pollution par les nitrates

- 1) Comment en est-on arrivé à vouloir améliorer la qualité de l'eau par la réduction de la pollution aux nitrates ?** *(rapide historique de la thématique)*
- 2) Quels ont été les problèmes à résoudre ?** *(Identifier causes et conséquences + dates si possible)*
- 3) Quelles ont été / sont les difficultés ?**
Pourquoi ces défis particulièrement ? Quels sont les verrous techniques, technologiques, agronomiques, réglementaires, organisationnels ? Déjà des réussites ?

Développement et déploiement de solutions pour répondre aux problèmes – Réussites & Difficultés

- 4) Face aux différents défis, quelles ont été les différentes recherches développées ?**
Sur quelles connaissances vous êtes-vous appuyé ? Quels acteurs sont impliqués ? A quelles dates ? Nom des projets ?
- 5) Quelles résultats/actions/solutions ont été mis en place pour répondre à ces différents défis et faire suite aux recherches développées ?**

Qu'est-ce qui a été mis en place ? Quels résultats ou outils ont été développés ? Sur quels territoires ? Qui a mené ces actions ? Pourquoi avoir travaillé avec ces partenaires et pas avec d'autres ? Quels financements ? Méthodes de déploiement ?

Jeu d'acteurs

- 6) Quels sont selon vous les acteurs essentiels qui ont contribué à la réduction de la pollution par les nitrates (parmi la recherche, les entreprises/coopératives, services de l'Etat, syndicats agricoles...) ?**

En quoi ont-ils contribué ?

- 7) Certains ont-ils été facilitateurs ou plus réticents au déploiement de solutions pour l'amélioration de la qualité de l'eau ?**

Le rôle de la CAB

- 8) Sur ces différentes actions/projets, quelle a été selon vous l'implication de la Chambre d'Agriculture de Bretagne ?**

Quel a été sa contribution au niveau production de recherche, d'outils, de diffusion ?

- 9) Avez-vous collaboré avec la CAB sur certains projets ?**

Transformations et impacts générés

- 10) Avez-vous perçu des transformations dans le monde agricole (pratiques agronomiques/ attitudes / conseils / enseignement / équipement...), à la suite de l'adoption des solutions ? Est-ce appuyé par des sources fiables ?**

- 11) Quels impacts ces actions et transformations ont-elles induites ?**

Les 5 dimensions de l'impact sociétal



Référence : Benoit Joly P-B., Gaunand A., Colinet L., Larédo P., Lemarié S. et al. 2015. ASIRPA: A comprehensive theory-based approach to assessing the societal impacts of a research organization. Research Evaluation, Oxford University Press 24 -4, 440-453. <https://hal.inrae.fr/ASIRPA/hal-01448728v1>

Impression globale

12) Qu'est-ce qui a été important pour vous dans ces actions sur la thématique de la réduction de la pollution aux nitrates ?

Que retenir d'essentiel ?

13) Quels sont, selon vous, les facteurs de réussite ? Quels sont les besoins d'amélioration ou les critiques ?

Conclusion

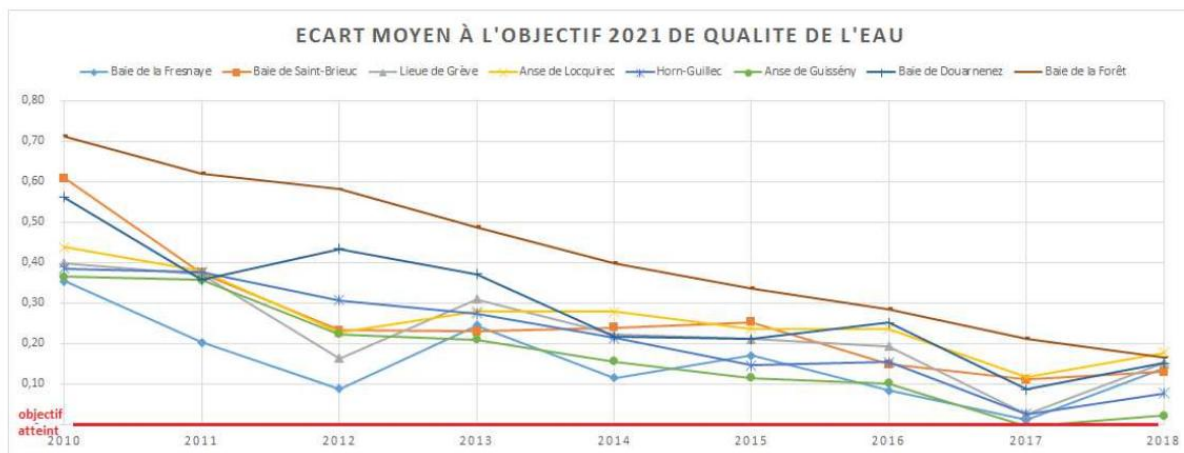
14) Auriez-vous des supports à conseiller pour approfondir le sujet ?

Merci.

Annexe VIII : Bassins-versants du Douron et de la Lieue de Grève (Morlaix Communauté, 2022)



Annexe IX : Mesure de l'écart par rapport à l'objectif de qualité de l'eau 2021 des baies algues vertes (Herber, Ferry 2019)



Résumé

Comprendre les impacts des projets dans le secteur public permet de justifier les investissements et améliorer la prise de décision pour les futurs projets. C'est pourquoi, la Chambre d'agriculture de Bretagne souhaite évaluer les impacts de sa recherche appliquée avec l'étude de la thématique « l'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction nitrates ». L'industrialisation de l'agriculture et le développement de l'élevage intensif augmentent l'utilisation d'engrais azotés. L'objectif des recherches était donc la diminution de la concentration nitrates dans les eaux bretonnes. Pour évaluer ces impacts sociétaux, la méthode ASIRPA (Analyse des Impacts de la Recherche Publique Agronomique) est utilisée. Cette approche comprend des recherches bibliographiques, des entretiens semi-directifs avec différents professionnels, et l'analyse de ces données pour construire des outils méthodologiques : arbre à problème, carte de l'écosystème d'acteurs, chronologie et chemin d'impacts. Ces outils ont pu mettre en lumière différents résultats. Depuis 40 ans, les recherches portent sur la fertilisation raisonnée, les couverts végétaux, l'optimisation du système d'élevage et des effluents. Elles aboutissent à des outils, références et techniques, parfois intégrés dans la réglementation. Le déploiement de ces résultats, par actions volontaires ou obligations réglementaires, génère des transformations pratiques et structurelles dans l'agriculture bretonne. Ces transformations provoquent des impacts sociétaux majoritairement environnementaux et sanitaires par la réduction effective de la concentration nitrates des eaux et donc une diminution de la prolifération d'algues vertes et l'amélioration de la qualité de la ressource en eau potable. D'autres impacts économiques, sociaux et politiques, positifs et négatifs, sont également observés.

Mots- clés : étude d'impacts, ASIRPA, nitrates, qualité de l'eau, agriculture bretonne

Abstract

Understanding the impacts of projects in the public sector makes it possible to justify investments and improve decision-making for future projects. This is why the Brittany Chamber of Agriculture wishes to assess the impacts of its applied research through the study of the theme "improving water quality by reducing nitrates." The industrialization of agriculture and the development of intensive livestock farming increase the use of nitrogen fertilizers. The objective of this research was therefore to reduce nitrate concentrations in Breton waters. To evaluate these societal impacts, the ASIRPA method (Analysis of the Impacts of Public Agronomic Research) is used. This approach includes literature reviews, semi-structured interviews with different professionals, and the analysis of this data to build methodological tools: problem tree, stakeholder ecosystem map, timeline, and impact pathway. These tools have highlighted several results. For 40 years, research has focused on rational fertilization, cover crops, optimization of livestock systems and effluents. This has led to tools, references, and techniques, sometimes integrated into regulations. The deployment of these results, whether through voluntary actions or regulatory obligations, has generated practical and structural transformations in Breton agriculture. These transformations have led to societal impacts, mainly environmental and health-related, through the effective reduction of nitrate concentrations in water, which in turn reduces the proliferation of green algae and improves the quality of drinking water resources. Other economic, social, and political impacts, both positive and negative, have also been observed.

Keywords : impact assessment, ASIRPA, nitrates, water quality, Breton agriculture