

# Identification de pratiques agricoles territorialisées pour réduire les concentrations en nitrates des eaux de surface en Bretagne

Laurence Loyon (1), Thierry Bioteau (1), David Causeur (2), Magalie Houée-Bigot (2), Marie-Pierre Etienne (2)

(1) INRAE Unité OPAALE, 17 avenue de Cucillé, CS 64427, F-35044, Rennes, France

(2) IRMAR UMR CNRS 6625, Institut Agro Rennes-Angers, 65, rue de Saint-Brieuc, CS 84215, 35042 Rennes Cedex, France

## INTRODUCTION

Dans le cadre de la dernière révision du programme régional d'action « nitrates » (PAR) initiée en 2018, les services de l'Etat bretons se sont posés la question d'amplifier ou d'identifier des mesures de réduction des concentrations en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) des eaux de surface au regard des différences territoriales (pressions agricoles et évolution des concentrations en nitrates eaux de surface) observées en Bretagne.

En effet, même si les pratiques mises en œuvre depuis plus de 30 ans par les exploitants agricoles bretons pour réduire les fortes concentrations en  $\text{NO}_3^-$  des eaux de surface aboutissent à une réduction majeure des concentrations pour atteindre une concentration moyenne régionale d'environ 36 mg  $\text{NO}_3^-$  /l depuis 2015, cette réduction est plus limitée (voire en augmentation) pour certaines eaux de surface. Une des raisons de cette différence de réponse aux mesures de réduction des concentrations en  $\text{NO}_3^-$  est la complexité du transfert de l'azote appliqué sur les parcelles agricoles vers les eaux de surface.

Pour répondre aux questionnements des services de l'Etat, l'objectif de notre étude est d'identifier des pratiques agricoles spécifiques territorialisées pour accentuer la réduction de la concentration en nitrates dans les eaux de surfaces de 66 territoires. L'identification de ces pratiques repose sur des analyses statistiques de données publiques relatives à l'évolution des concentrations en nitrates des eaux de surface depuis 2000, aux pressions en azote et pratiques culturales de l'année 2018 ainsi que les facteurs climatiques, hydro géomorphologiques et pédologiques des 66 territoires ciblés.

## METHODOLOGIE

### Territoires ciblés

Les 66 territoires ciblés correspondent aux 66 bassins versants (dénotés BV par la suite) définis administrativement par les services de l'Etat bretons dans le cadre d'une enquête sur les pratiques de fertilisation en 2018 (Draaf Bretagne, 2018). Ces BV présentent un contexte hydrographique similaire dominé par un écoulement souterrain mais avec des différences de topographie, de géologie, d'hydrologie (Guillemot et al 2021) et de pressions en azote N (Draaf Bretagne, 2018). Ces BV couvrent 94,2 % du territoire breton (27 208 km<sup>2</sup>) et 89.8% de la Surface Agricole Utile (SAU) bretonne de 2018. La surface des BV varie de 1 325 à 187 570 ha avec une SAU variant de 30.9 à 99.9% de la surface totale des BV.

## **Données publiques mobilisées**

### ***Concentration en nitrates des eaux de surface***

Les concentrations en nitrates des eaux de surface sont issues de la base de données de l'Observatoire de l'Environnement en Bretagne (OEB). Cette base de données agrège et uniformise les résultats de mesure de concentration nitrates de l'ensemble des sites bretons concernées par un suivi nitrates depuis 1995. Cette base contient les données de 2575 stations (concentrations mesurées, concentration maximale, concentration minimale valeur du Q90, classe du Q90, ...). Nous avons sélectionné les données de 1995 à 2018.

### ***Pression en azote***

Cette étude se démarque des études précédentes par l'utilisation des données individuelles des exploitants de la Déclaration des Flux d'Azote (DFA) imposée en Bretagne depuis 2014. Chaque exploitant doit déclarer le nombre d'animaux hébergés et la quantité d'azote produite correspondante. La déclaration différencie l'azote issu de différents types d'animaux (bovins, porcins, volailles...) en tenant compte de différents types de production (niveau de production laitière, temps au pâturage des vaches, production de volaille « Standard », « Biologique », « Label »...) et mode de gestion des effluents pour les porcs (« Caillebotis », « Litière », « Raclage en V ») et du traitement de l'azote (« Méthanisation », « Séchage », « Compostage », « Station de traitement », « Plusieurs types de traitement ») (Tableau 1). Les quantités d'azote produites par catégorie animale sont des valeurs définies par défaut de l'« Arrêté du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole » (J.O.R.F. n°0295 du 21 décembre 2011). Ces valeurs par défaut sont les valeurs d'azote à épandre correspondant à l'azote excrété moins les émissions d'azote sous forme gazeuse au bâtiment et au stockage des déjections. Différents indicateurs de pression en azote ont été calculés sur la base des données de la DFA de 2018 et des données des modes de logement des animaux du Recensement Général Agricole (RGA) de 2010 pour les 3 formes produites (lisier, fumier, et fientes) et les 3 lieux de production (pâturage, parcours, bâtiment). Les valeurs du RGA 2020 n'étaient pas disponibles au moment de la réalisation de notre étude. Les émissions d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) ont été également estimées grâce aux données de l'organisme Citepa, en charge des inventaires de émissions gazeuses en France. L'estimation est basée sur un calcul simplifié des facteurs d'émissions exprimés en pourcentage de l'azote produit aux différents postes d'émissions (pâturage, bâtiment & stockage, épandage). D'autres indicateurs de pression en azote ont été également calculés pour tenir compte de la redéposition du  $\text{NH}_3$  au voisinage du poste d'émission (40% des émissions de  $\text{NH}_3$ , Shen et al., 2016) et des pertes potentielles en azote au cours du stockage au champ des fumiers (2, 5 ou 10% de l'azote stocké qui est lixivié) (Loyon 2012). Les données des enquêtes de la DRAAF Bretagne sur les pratiques de fertilisation en 2011 et 2018 ont été également utilisées pour estimer l'évolution de la pression en azote pour 54 BV.

### ***Indicateurs explicatifs de la concentration en nitrates des eaux de surface***

Les principaux indicateurs explicatifs du transfert de l'azote appliqué sur les parcelles agricoles du sol vers les eaux de surface sous forme de nitrates ont été identifiés pour la Bretagne (Creseb, 2014). Les indicateurs disponibles en open source ont été collectés et traités afin d'attribuer une valeur aux 66 BV avec le logiciel de géo-référencement Qgis (Version 3.16.0). Ces indicateurs représentent 3 catégories (Tableau 2): les pratiques agricoles, les conditions hydrologiques et climatiques et enfin la pression urbaine et industrielle (rejet d'azote par les stations de traitement des eaux usées et des rejets industriels).

## Analyses statistiques différenciant les 66 territoires

Des tests statistiques (Analyse en Composantes Principales (ACP), classification ascendante hiérarchique (CAH), régression linéaire, analyse univariée (Anova)) ont été réalisés sur (i) les données des concentrations en NO<sub>3</sub> entre 1995 et 2018 pour différencier les BV et définir un taux d'évolution annuel entre 2000 et 2018 (mg NO<sub>3</sub>/l/an) et (ii) sur les indicateurs sélectionnés (p value <0.05) afin d'expliquer ces différences entre BV.

Tableau 1: Valeur par défaut d'azote produit par les animaux (DFA, 2018)

Catégorie animale	Modulation	Valeur par défaut d'azote (kg N/animal)
<b>Vaches Laitières</b>	production laitière (<6000; [6000-8000]; > 8000 litres par an); temps au pâturage (<4; [4-7]; > 7 mois)	75-126
<b>Autres bovins</b>	vache nourrice, sans son veau ; femelle > 2 ans ; mâle > 2 ans ; femelle 1 - 2 ans, croissance ; mâle 1 - 2 ans, croissance ; bovin 1 - 2 ans, engraissement ; vache de réforme ; femelle < 1 an ; mâle 0 - 1 an, croissance ; mâle 0 - 1 an, engraissement ; broutard < 1 an, engraissement ; place veau de boucherie ;	6.3-73
<b>Porc</b>	truie reproductrice; truie non productive; porcelet post-sevrage (8 à 31 kg) ; porc à l'engraissement produit (31 à 118 kg) ; porc engraissement > 118 kg poids vif ; lisier; fumier (paille, sciure) raclage V ; alimentation standard/bi-phase	0.39-17.4
<b>Volailles</b>	volailles reproductrices ; autres volailles de chair ; dindes de chair ; poules pondeuses ; production conventionnelle, biologique, sous signes de qualité	0.001-0.77
<b>Autres</b>	Lapins ; chevaux ; ovins ; caprins,	0.04-66.5

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Evolution des concentrations en nitrates des eaux de surface entre 2000 et 2018

L'analyse statistique (ACP+CAH+régression linéaire) des concentrations en nitrates entre 1995 et 2018 identifie trois groupes de bassins versants. Entre 2000 et 2018, ces 3 groupes se distinguent par la concentration et le taux de réduction en nitrates (Figure 1). Le groupe G1, composé de 26 BV, affiche une moyenne de 31.7 mg NO<sub>3</sub>/l et une réduction de 0.4 mg NO<sub>3</sub>/l/an. Le second groupe G2 est constitué de 29 BV avec une moyenne de 47.3 mg NO<sub>3</sub>/l et une réduction de 0.8 mg NO<sub>3</sub>/l/an. Le troisième groupe G3 est constitué de 11 BV avec une moyenne de 66.6 mg NO<sub>3</sub>/l et une réduction de 1.5 mg NO<sub>3</sub>/l/an. Un sous-groupe G4 de 4 BV s'extrait du 3<sup>ième</sup> groupe sur la base de valeurs annuelles extrêmes et ponctuelles en nitrates. La cartographie (Figure 1) n'indique pas de territorialisation marquée si ce n'est peut-être pour le groupe G3 dont la majorité des BV est localisée au nord-ouest de la Bretagne. Pour les groupes G1 et G2, les BV sont répartis quasiment sur toute la région.

**Tableau 2** : Indicateurs retenus pour l'analyse statistique relative à l'évolution des concentrations en nitrates de eaux superficielles en Bretagne (en 2018 sauf mention contraire)

Catégorie	Indicateur	Source
Hydrologie et climat	<b>Densité hydrologique</b> :Longueur de cour d'eau (km <sup>2</sup> ) ; Densité de ruisseau (km km <sup>-2</sup> ) ; Pourcentage du linéaire hydrique par ordre de Strahler	BD Cartage
	<b>Eaux souterraines</b> : Contexte géologique principal (% surface BV) ; Densité de couverture des altérites (% surface BV) ; Epaisseur du milieu fissuré utile (m) ; Débit de l'horizon fissuré utile (m <sup>3</sup> /h) ; Participation des eaux souterraines aux débits des rivières (%) ; Inertie relative du milieu physique souterrain (sans unité) ; IDPR moyen (Indice de Développement et Persistance des Réseaux)	BRGM
	<b>Teneur en nitrates des eaux souterraines</b> : Moyenne sur période 1995/2005 ;2005/2015 ; 2015/2020 (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> L <sup>-1</sup> )	Ades
<b>Climat (2010/2019)</b>	Cumul annuel précipitations efficaces (mm an <sup>-1</sup> ) ; Cumul annuel Précipitations Efficaces du 1 <sup>er</sup> Octobre au 31 mars (mm) ; Température Moyenne du 1 <sup>er</sup> Oct. au 31 Mars (°Celsius) ; Température moyenne Annuel (° Celsius)	INRAE/SICLIMA
<b>Empreinte Urbaine et Industrielle</b>	Rejet en N et P des stations urbaines et industrielles de traitement des eaux usées dans milieu en 2017 (tonnes N et P)	AELB
<b>Pression N</b>	<b>(kg N/ha)</b> : Pression N total, minéral, animal (produite et épandu y compris pâturage et parcours) et « autres effluents », N organique produit, Pression N épandu organique total ( ) ; Pression N au pâturage et sur parcours ; Charge bovine (kg N <sub>bov</sub> /ha SFP) ; Emissions NH <sub>3</sub> (kg N/ha) et Redéposition de 40% NH <sub>3</sub> ; Pression totale agricole + déposition (5, 10 ou 40) ; Pression N organique + 40% des émissions au pâturage + épandage ; Pression N animale + 40% NH <sub>3</sub> au pâturage + épandage+ bâtiment+stockage ; Pression N organique + (2, 5 ou 10% ) de pertes N stocké au champ ; Pression N organique + (2, 5 ou 10% ) de pertes N stocké au champ + 40% NH <sub>3</sub> au pâturage + épandage+ bâtiment+stockage ; Pression totale agricole + rejets milieu industriels/urbains + (5, 10 ou 40) kg N/ha dus à déposition N <b>Répartition Pression N (%)</b> :N organique produit par les bovins, porcin, et volailles ; Exploitations ou SAU selon différentes classes de Pression N total et Pression organique total ; Exploitations ou SAU avec Pression Nt> 210 kg N/ha et de Pression N organique > 170 kg N/ha ; N laitier produit par VL <6000L , 6000-8000L et 8000L et <4, 4_7 et > 7 mois pâturage	DREAL Bretagne
<b>Fertilisation</b>	SAMO totale et sur Maïs, Prairies , Céréales à Pailles (% SAU) ; Connaissance [N] des effluents d'élevage (% exploitations)	DRAAF Bretagne
	Quantité de fumier stocké au champ en 2018 (kg/ha) ; Journées de Présence au Pâturage par an (JPP) ; Pression azotée (totale, organique et minérale) ; Surplus en azote en 2011 (kg N/ha) ; Couverture des sols (% SAU)	
<b>Pratiques Culturelles (2015/2019)</b>	Cultures principales (Céréales, Maïs,...), Prairies, Cultures intermédiaires et Cultures d'hiver en 2018 (% SAU) ; Rotations des cultures sur 3 et 5 ans	RPG
	Surface agricoles en MAEC/BIO engagée (%)	CRB
<b>Caractéristiques des parcelles agricoles</b>	Teneur en azote total (mg g <sup>-1</sup> ) ; Teneur en Carbone organique (mg g <sup>-1</sup> ) ; Teneur en phosphore assimilable (mg g <sup>-1</sup> ) ; pH moyen	BDAT
	% des Parcelles Agricoles du RPG selon différentes classes de pente (≤ 3% ;]3-7] % ;]7-15] % ;]15-20] % ≥ 20%) Parcelles Agricoles du RPG 2018 selon différentes classes de taille en ha (%)	RPG
<b>Exploitations</b>	% d'exploitations bovines, porcines avicoles en excédent structurel ; Exploitations à forte et faible capacité d'accueil N <sub>org.</sub> (%)Taille des exploitations selon la SAU (ha) ; Spécialisation (porcin, bovin, volailles) des exploitations (%) ; Exploitations avec un Diagnostic environnemental de moins de 5 ans en 2018 (%)	DREAL Bretagne DRAAF Bretagne

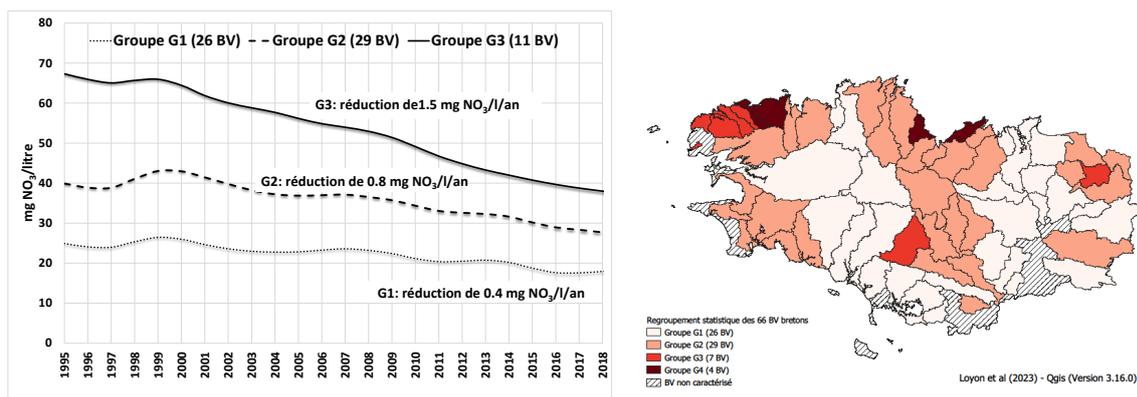


Figure 1 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en nitrates entre 1995 et 2018 et distribution territoriale des groupes de bassins versants selon l'évolution entre 2000 et 2018 (*groupe G4 étant un sous-groupe du groupe G3*)

### Indicateurs explicatifs des concentrations en nitrates associés aux 4 groupes de BV

Une première analyse statistique Anova permet d'expliquer ce regroupement de BV par une différence significative ( $p < 0.05$ ) d'indicateurs relatifs à l'**hydrologie** (teneur en  $\text{NO}_3$  nitrates des eaux souterraines, participation des eaux souterraines aux débits des rivières et inertie relative du milieu physique souterrain, cours d'eau en tête de BV), aux **conditions climatiques** (température moyenne entre le 1<sup>er</sup> Octobre et le 31 Mars de différentes années), le **pH du sol**, les **cultures**, et bien évidemment à la **pression en azote** (en 2011, entre 2011 et 2018 et 2018). Ces indicateurs explicatifs sont connus de la sphère scientifique. Les eaux souterraines influent sur la concentration en nitrate des eaux de surface du fait des relations d'échange entre les nappes et les rivières (Aquilina et al., 2012). Par ailleurs, il n'est plus à démontrer qu'une pression azotée trop forte par rapport aux capacités agronomiques des parcelles agricoles, que le type de cultures en place ainsi que les conditions climatiques impactent fortement les concentrations en nitrates des eaux de surface (Gascuel-Oudou et al., 2010 ; Dupas et al., 2020).

### Quelles différences de pratiques agricoles entre ces 4 groupes de BV ?

Il s'avère qu'une seconde analyse statistique Anova permet d'identifier en quoi chaque groupe de BV se démarque des autres groupes selon les indicateurs explicatifs identifiés précédemment. Seuls les résultats relatifs au type de production animale, les pressions en azote et culturales associées sont reportés dans cet article.

- **Le groupe G1 de 26 BV** se différencie statistiquement de l'ensemble des BV par des indicateurs caractérisant une production bovine (plus fort pourcentage d'exploitations spécialisées en bovins « lait » et/ou « allaitants ») mais de charge bovine plus faible (exprimée en kg N/ha de surface fourragère principale, SFP), du fait, d'une présence plus marquée de vaches laitières de production inférieure à 6000 litres de lait et pâturant plus de 4 mois. Cette production bovine implique une plus forte pression en azote organique de fumier bovin et de lisier bovin ainsi que de plus fortes quantités de fumier stocké au champ mais avec un plus faible recourt à l'analyse de l'azote des deux types d'effluent. Une pression en azote moyenne (inférieure à 100 kg N/ha) est plus fréquente au contraire des fortes pressions (supérieure à 150 kg N/ha). Le dépôt en ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est moins élevé. Le pourcentage d'azote minéral

appliqué sur les prairies temporaires y est plus important. Les pourcentages de SAU en prairies, fourrages, cultures diverses et légumineuses ainsi qu'engagée en mesures agro-environnementales (MAEC, BIO) sont plus élevés à l'inverse du pourcentage de SAU en maïs grain et ensilage. Le pourcentage d'exploitations disposant d'un diagnostic environnemental de moins de 5 ans est moins élevé. Cette production bovine explique certainement un surplus azoté moins élevé en 2011 malgré une pression en azote minéral plus forte. Entre 2011 et 2018, une plus faible réduction de la pression en azote organique et une légère hausse de la pression en azote minéral sont observées.

**Le groupe G2 de 29 BV** se différencie peu de l'ensemble des BV. Les indicateurs explicatifs significativement différents (valeurs non rapportées) traduisent une plus forte capacité de ruissellement des eaux de pluies par rapport à l'infiltration et une production de volaille plus présente (pression d'azote sur parcours, pourcentage d'exploitations en mono élevage de volailles, pression en azote organique de fumier de volaille). La quantité de fumier bovin stocké au champ y est plus faible et le pourcentage d'exploitations analysant la teneur en azote des lisiers de porcs est significativement plus élevé. La pression en azote total est plus élevée qu'en G1. Aucun indicateur de l'évolution de la pression en azote en 2011 et entre 2011 et 2018 ne ressort de l'analyse statistique.

**Le groupe G3 de 7 BV** se différencie significativement par des indicateurs explicatifs traduisant une forte production animale. Les pressions en azote organique et total sont plus fortes et sont accentuées par le dépôt du  $\text{NH}_3$  émis par les élevages et les pertes potentielles d'azote au cours du stockage au champ. Des valeurs plus élevées sont prises par le pourcentage d'exploitations ou de SAU à forte pression ( $>260 \text{ kg Nt/ha}$  et  $>170 \text{ kg N}_{\text{org.}}/\text{ha}$ ), le pourcentage d'exploitations en excédent structurel d'azote organique (exploitations bovines et porcines), la pression en azote organique au pâturage et épandu sous forme de lisier de porc. La production bovine est conduite de façon différente qu'en G1 (charge bovine et azote organique de vaches laitières en pâturage inférieur à 4 mois plus élevés). La part de SAU en maïs grain et ensilage y est plus forte. Le pourcentage d'exploitations disposant d'un diagnostic environnemental de moins de 5 ans ou analysant la teneur en azote des fumiers sont plus élevés. Cette forte pression explique pour partie la forte teneur en azote des sols et les plus fortes teneurs en  $\text{NO}_3$  dans les eaux souterraines. On y trouve moins de SAU engagée en mesures agro-environnementales (MAEC, BIO), recevant de l'azote organique (SAMO) sur maïs. Le pourcentage d'exploitations analysant leur fumier bovin est plus élevé. Entre 2011 et 2018, la pression en azote organique a été réduite plus qu'ailleurs mais cette réduction est contrebalancée par une plus forte augmentation de l'azote minéral, expliquant surement la réduction de la SAMO sur maïs.

**Le groupe G4 de 4 BV** se démarque des autres par des valeurs plus élevées du pourcentage de vaches laitières produisant plus de 8000 litres de lait par an et en pâturage inférieur à 4 mois, du pourcentage d'exploitations spécialisées en élevage de veau et en porc, du pourcentage de SAU en production de légumes (expliquant surement le plus faible pourcentage de SAU sans prairies pendant 5 dans les rotations culturales). La pression en azote y est plus modérée (en pourcentage d'exploitation ou % SAU)<sup>1</sup> malgré une plus forte charge bovine (N/ha de SFP) et une plus forte déposition de  $\text{NH}_3$  et un pourcentage plus élevé d'exploitations en excédent structurel d'azote organique (exploitations bovines et porcines).

---

1

L'azote organique est appliqué principalement sous forme de lisier de porc et au pâturage pour les bovins mais la SAMO sur maïs et prairies temporaires est plus faible. Ces indicateurs caractérisent une forte production animale comme pour le groupe G3 et expliquent également la forte teneur en NO<sub>3</sub> des eaux souterraines (83 contre 32.8 mg/l) accentuée par une plus grande présence de petits ruisseaux en tête de BV. Entre 2011 et 2018 ce groupe affiche une plus forte réduction de l'azote organique.

Il faut souligner que le manque d'association significative avec d'autres indicateurs explicatifs sélectionnés dans cette étude ne signifie pas que ces indicateurs ne sont pas associés aux processus responsables de concentrations en nitrates dans les eaux de surface. Ce sont des indicateurs qui ne différencient pas les BV mais pourront néanmoins servir dans une stratégie territorialisée de réduction des concentrations en nitrates. Le tableau 3 rassemble les principaux indicateurs relatifs aux pressions en azote et quelques pratiques culturales pour les 4 groupes de BV.

### **Discussion et constats**

D'un point de vue des pratiques agricoles, la classification des 66 BV sur la base de l'évolution des NO<sub>3</sub> dans les eaux de surface confirme, s'il en était besoin, l'impact du type et du niveau de la production animale (bovins/granivores) ainsi que de la pression en azote minéral. Les plus fortes concentrations en NO<sub>3</sub> dans les eaux de surface du groupe G3 s'explique pour partie par de plus fortes pressions et de surplus en azote historiques. Les valeurs du surplus calculées pour les 4 départements bretons (Draaf Bretagne, 2018) pour l'année 2000 permet de situer le surplus d'azote des BV du groupe G3 à une valeur supérieure à 60 kg/ha alors que pour le groupe G1, le surplus d'azote est estimé à 32.1 kg N/ha.

La réduction plus prononcée des concentrations en NO<sub>3</sub> du groupe G3 (le sous-groupe G4 de 4 BV inclus) est à relier aux mesures plus contraignantes mises en œuvre pour réduire la pression azotée dans ces BV. Dans les BV de ce groupe, le zonage historique ZES et actuel ZAR<sup>2</sup> y est plus marqué (93 % de la SAU en ZAR en 2018 en G3 contre 72.3% en G2 et 38% en G1). Pour rappel, ces zonages impliquent des obligations de résorption pour les exploitations en excédent d'azote organique des élevages (170 kg/ha pour les ZES et 20 000 kg pour les ZAR). Il faut aussi rappeler que le premier Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origines Agricoles (PMPOA, 1994/2000) a bénéficié essentiellement aux élevages de porcs qui sont beaucoup plus présents dans ce groupe de BV (en moyenne 17,2 % du N animal produit par les porcs dans le groupe G1 contre 26,6% en G2 et 40,7% en G3).

Toujours d'un point de vue agricole, deux groupes de BV constitués statistiquement se différencient essentiellement par le type et le niveau d'intensité de production animale (groupe G1 et groupe G3). Le groupe G2 peut être qualifié comme un mixte entre ces deux groupes. Néanmoins, ce regroupement des 66 BV affiche une variabilité intra-groupe, certains BV du groupe G1 affichant les mêmes valeurs de concentrations en NO<sub>3</sub> ou en pression d'azote que les BV du groupe G3 (et inversement) (Figure 2).

---

<sup>2</sup> Les ZAR depuis 2014 intègrent les anciennes zones d'excédent structurel (ZES) définies dans 4 premiers PAR bretons

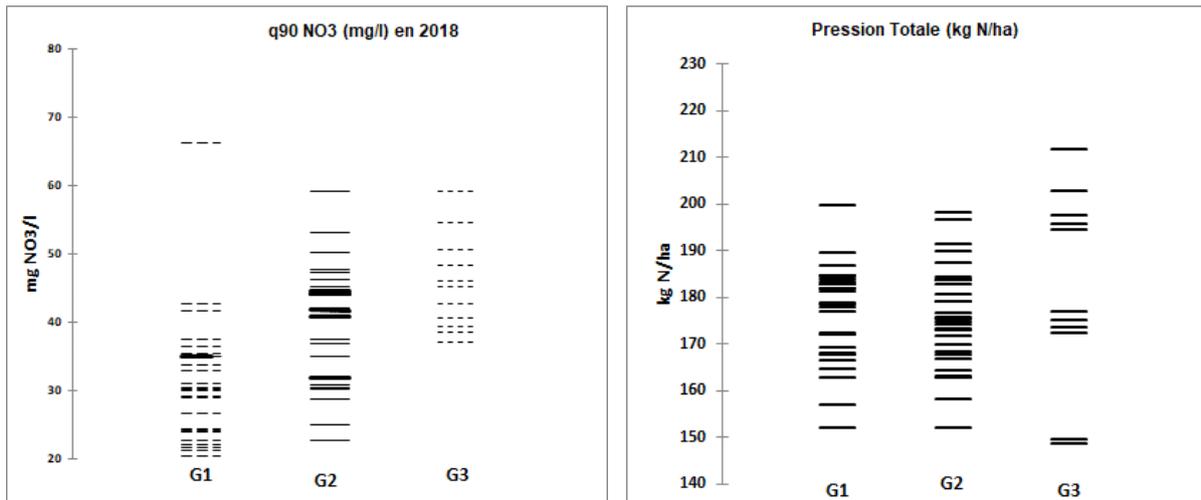


Figure 2 : Dispersion du q90 NO<sub>3</sub> en 2018 des BV répartis par groupe d'évolution des concentrations en nitrates depuis 1995 et de la pression totale en azote

### Pratiques agricoles territorialisées pour réduire les concentrations en nitrates des eaux de surface en Bretagne

Des modélisations pour la Bretagne (Billen et al, 2015) indiquent qu'une réduction de 50% entre 2007 et 2050 des pertes en azote vers les eaux de surface en Bretagne nécessitait de généraliser les principes de l'agriculture biologique, de doubler la surface en prairies, de réduire par 4 les importations d'aliments pour animaux, de réduire de 50% le cheptel ainsi que la consommation humaine de protéines animales. Il est à noter, cependant, que cette modélisation ne tient pas compte de la résorption de l'azote imposée dans les zones ZES/ZAR. D'autres modélisations (Durand et al 2014) soulignent que les mêmes mesures de réduction des nitrates dans les eaux de surface ont des effets différents du fait du temps de réponse des BV à ces mesures. Retenons qu'il n'est donc pas possible de hiérarchiser les mesures à mettre en œuvre à partir d'une analyse statistique. De même, il est impossible de proposer un nombre de mesures à mettre en œuvre compte tenu de la diversité des élevages et des pressions dans un même bassin.

Lors du bilan du dernier PAR breton, les services de l'Etat ont identifié des territoires pour lesquels il était nécessaire d'accentuer ou accélérer la réduction des NO<sub>3</sub> dans les eaux de surface au regard de différents enjeux (Algues vertes, Directive Cadre sur l'Eau (DCE), Captages prioritaires). Sur la base de la concentration en nitrates dans les eaux de surface en 2018 (exprimée selon le quantile 90 (ou percentile 90) des concentrations en nitrates, q90 NO<sub>3</sub>), 90% des BV sont concernés par au moins un enjeu nitrates et nécessitent donc des actions supplémentaires pour atteindre des objectifs fixés. Pour l'objectif de la DCE visant un bon état des eaux (valeur du q90 de 25 mg NO<sub>3</sub>/l), le nombre d'années pour atteindre cette valeur sera d'autant plus important que la concentration en NO<sub>3</sub> initiale est élevée et que le taux de réduction annuel est plus faible. C'est le cas du groupe G1 et G2 avec un nombre d'années supérieur à 15 ans pour 29 BV. Ces résultats sont déduits de la régression linéaire définie statistiquement et ne tiennent pas compte du temps de mise à l'équilibre de bassins versants modélisé par Dupas et al. (2020) suite à des modifications récentes de pratiques agricoles comme l'augmentation de la production bovines et avicoles observées entre 2015 et 2018 dans certains BV (résultats non précisés ici).

Néanmoins, ces résultats statistiques permettent de confirmer qu'il s'agira en premier lieu d'accentuer la mise en œuvre dans les territoires ciblés des mesures connues et mentionnées dans différents ouvrages. Il est évident que plus la concentration en  $\text{NO}_3$  est élevée plus les mesures à mettre en œuvre devront être efficaces pour (i) réduire la pression azotée (réduction du cheptel ou réduction de l'azote excrété, résorption du N des exploitations  $> 170 \text{ kg N}_{\text{org.}}/\text{ha}$  et/ou  $> 210 \text{ kg Nt}/\text{ha}$ ) ; (ii) réduire le surplus azoté (connaissance N des effluents, réduction de la fertilisation, déstockage de l'azote du sol, accroissement de l'exportation de l'azote par les cultures (interrang sur maïs, limitation des rotations à risques de fuite d'azote)) et (iii) limiter le transfert de l'azote en surplus (couvertures des sols par des plantes à fort besoin en azote, maintien ou restauration des bocages/haies sur les grandes parcelles).

En 2018, tous les BV avaient une pression inférieure à  $170 \text{ kg N}_{\text{org.}}/\text{ha}$  et à  $210 \text{ kg Nt}/\text{ha}$ . En revanche, le % SAU avec une pression  $\text{N}_{\text{org.}} > 170 \text{ kg N}/\text{ha}$  peut atteindre 6% et le % SAU avec une pression totale  $> 210 \text{ kg N}/\text{ha}$  est assez élevé pour certains bassins versants. Le retour d'expérience des bassins contentieux a montré qu'une réduction de la pression en azote permet une réduction des concentrations en nitrates dans les eaux de surface. Les études scientifiques ont aussi mis en évidence que certaines rotations culturales présentaient des risques plus élevés de transfert d'azote vers les eaux de surface. Une première mesure pour les BV visés par les services de l'Etat consisterait à augmenter, si nécessaire, la part de ZAR des BV avec des mesures visant la réduction de la pression en azote (comme ce fut le cas pour les bassins versants en contentieux européen en 2007). En effet, certains BV avec un  $q_{90} \text{ NO}_3$  supérieur à  $40 \text{ mg NO}_3/\text{l}$  en 2018 ne sont pas en zone ZAR ou avec un pourcentage inférieur à 40%.

Sans citer de BV en particulier, notre étude permet de cibler des propositions d'actions complémentaires. Nos résultats indiquent que la redéposition du  $\text{NH}_3$  doit être considérée ainsi que les pertes potentielles du stockage au champ (interdiction, réduction de la quantité stockée et/ou de la durée du stockage, compostage préalable du fumier ou meilleure gestion du stockage au champ). Une gestion de la pression en azote organique sur parcours est aussi recommandée (couvert végétal du parcours par exemple). La réduction du nombre de journée de pâturage (JPP) est aussi souhaitable dans quelques BV. Le pourcentage de SAU en Maïs/Céréales en rotation sur 3 ans et 5 ans devrait être réduit. La réalisation d'un diagnostic environnemental, l'analyse de la teneur en azote des lisiers et fumiers, l'utilisation OAD de fertilisation sont encore des leviers d'actions pour réduire les concentrations en  $\text{NO}_3$ .

Pour les BV du groupe G4 il s'agira de mieux gérer la fertilisation de la SAU en Légumes, de réduire ou de mieux gérer la pression organique porcine (en substitution de l'azote minéral par exemple), d'augmenter la part de prairies dans les rotations culturales sur 5 ans et mieux gérer les troupeaux de vaches laitières produisant plus de 8000 litres par an.

Néanmoins, cette identification de mesures à amplifier ou à imposer se heurte à deux questions. La première est relative à la mise en œuvre de ces mesures. Certaines sont déjà obligatoires (résorption) mais ne semblent pas être appliquées par tous les exploitants malgré la possibilité de contrôles et de sanctions. L'approche incitative a montré ses limites comme indiqué dans différentes analyses des services de l'état.

La seconde question est l'effet de ces mesures sur la réduction des  $\text{NO}_3$  dans les eaux de surface. En supposant que les mesures soient appliquées par tous les exploitants, la réponse

ne sera peut-être pas à la hauteur des objectifs fixés en terme de timing. Pour rappel, Durand et al 2014 soulignent que les mêmes mesures de réduction des nitrates dans les eaux de surface ont des effets différents du fait du temps de réponse des BV à ces mesures. Ceci peut être particulièrement le cas pour certains BV des groupes 3 et 4 qui ont de fortes concentrations en nitrates dans les eaux souterraines. Les eaux souterraines exercent un contrôle sur la concentration en azote à long terme dans les rivières (Aquilina et al, 2012). Ajouté au excès d'azote stocké dans les sols, les eaux souterraines contribuent à la rétention temporaire d'azote, appelé l'« héritage d'azote » (Dupas et al., 2020). L'effet de cet héritage peut être si fort que même un scénario drastique d'entrée d'azote peut résulter malgré tout à une augmentation de la concentration en nitrates des eaux souterraines pendant 10 ans (Vautier et al., 2021). Ainsi, sur une échelle de temps de 15 ans, les réponses de BV à des scénarii actuels peuvent encore être contrôlés par les entrées passées (Vautier et al., 2021). Aussi, notre étude nécessite d'être suivie d'une modélisation pour connaître l'effet de ces mesures.

## **CONCLUSION**

La mobilisation de données publiques relatives aux principaux indicateurs connus du transfert de l'azote des parcelles agricoles vers les cours d'eau (facteurs hydro géomorphologiques, pédologiques, climatiques, agricoles) a permis (i) de regrouper statistiquement 66 bassins versants bretons en fonction de l'évolution des concentrations en nitrates dans les eaux de surface depuis 1995 et (ii) de différencier ces groupes de BV ainsi constitués selon différents indicateurs. Pour la pression en azote, de fortes pressions d'origine animale accentuées par la redéposition d'ammoniac émis par les élevages et les pertes potentielles d'azote suite au stockage au champ du fumier sont associées aux fortes concentrations en nitrates des eaux de surface de 11 BV. Ces résultats statistiques permettent de cibler des mesures de réduction des concentrations en nitrates des eaux de surface. Ces mesures ne sont pas nouvelles mais peuvent être intensifiées selon la nécessité d'accentuer la réduction des concentrations en nitrates dans certains territoires. Cette approche statistique est exploratoire et ne tient pas compte des biais introduits par l'agrégation des données publiques à l'échelle du bassin versant. Cette agrégation n'est pas optimale car elle lisse les pressions. Les exploitations, et leurs pressions en azote ainsi que les pratiques culturales, sont considérées comme uniformément réparties sur le bassin versant ce qui n'est pas la réalité. Néanmoins, cette approche statistique permet de prendre en compte les différences territoriales pour l'identification de mesures complémentaires de réduction des pressions responsables des fortes concentrations en nitrates dans les eaux de surface en Bretagne. Cette approche pourrait être perfectionnée si les services de l'état intégraient dans la DFA les données relatives au plan d'épandage des exploitants ainsi que les modes de gestion des effluents. D'autre part, il s'agira aussi de modéliser l'effet des mesures proposées sur la concentration en nitrates des eaux de surface et souterraines.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Aquilina, L., Vergnaud-Ayraud, V., Labasque, T., Bour, O., Molénat, J., Ruiz, L., de Montety, V., De Ridder, J., Roques, C., and Longuevergne, L. (2012). Nitrate dynamics in agricultural catchments deduced from groundwater dating and long-term nitrate monitoring in surface- and groundwaters. *Science of The Total Environment* 435-436, 167-178.
- Billen, G., et al. (2015). "Flux d'azote à l'échelle du territoire. Reconnexion agriculture-élevage comme levier de réduction des pertes environnementales d'azote: l'exemple du bassin parisien." Séminaire RMT SPyCE. Paris 16 décembre 2015: 38p.

Creseb (2014) Outil d'aide à l'identification d'actions – Paramètre « Azote ». Aide à l'identification des actions pour l'amélioration de la qualité de l'eau pour le paramètre « Azote ». 52 p

Draaf Bretagne (2018) <https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/resultats-des-declarations-de-flux-d-azote-de-la-campagne-2018-2019-par-a2225.html> ; <https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/tableaux-des-resultats-de-l-enquete-regionale-sur-les-pratiques-agricoles-dans-a2268.html> ; <https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/bilan-simplifie-de-l-azote-2000-2018-a1524.html>

Durand. P., Raimbault. T., Oehler. F., Robert. B., and Salmon-Monviola. J. (2014). "Modélisation agro-hydrologique des bassins versants à algues vertes. 584p

Dupas. R., Ehrhardt. S., Musolff. A., Fovet. O., and Durand. P. (2020). Long-term nitrogen retention and transit time distribution in agricultural catchments in western France. *Environmental Research Letters* 15. 115011

Gascuel-Oudou, C., Aurousseau, P., Durand, P., Ruiz, L., and Molenat, J. (2010). The role of climate on inter-annual variation in stream nitrate fluxes and concentrations. *Science of The Total Environment* 408, 5657-5666.

Guillemot, S., Fovet, O., Dupas, R., Gascuel-Oudou, C., Gruau, G., Launay, J., Minaudo, C., and Moatar, F. (2020b). Variabilités spatiales et temporelles des concentrations et flux en carbone, azote et phosphore : analyse des observations sur les têtes de bassin versant en Bretagne. 128 pages.

Loyon, L., 2012. Impact du stockage au champ des fumiers d'élevage sur les pollutions diffuses d'azote et de phosphore. Rapport Etude Onema, 42p

Vautier, C., Kolbe, T., Babey, T., Marçais, J., Abbott, B. W., Laverman, A. M., Thomas, Z., Aquilina, L., Pinay, G., and de Dreuzy, J.-R. (2021). What do we need to predict groundwater nitrate recovery trajectories? *Science of The Total Environment* 788, 147661.

Shen, J., Chen, D., Bai, M., Sun, J., Coates, T., Lam, S. K., and Li, Y. (2016). Ammonia deposition in the neighbourhood of an intensive cattle feedlot in Victoria, Australia. *Scientific Reports* 6, 32793.

**Tableau 3** : Valeurs moyennes de quelques indicateurs de pression en 2018 (sauf mention contraire) des différents groupes de BV et l'ensemble des BV

	G1	G2	G3	G4	Ens.
<b>Azote total (N<sub>t</sub> kg N/ha SAU)</b>	176.5	176.1	193.0	162.0	177.2
<b>Azote minéral (N<sub>min</sub> kg N/ha SAU)</b>	68.5	61.8	62.8	57.7	64.3
<b>Azote organique (N<sub>org</sub> kg N/ha SAU)</b>	104.7	111.5	127.7	101.6	109.9
<b>Lisier porc (kg N/ha SAU)</b>	17.8	29.0	33.6	48.4	26.3
<b>Fumier bovin (kg N/ha SAU)</b>	30.9	27.3	35.6	18.4	29.1
<b>Fumier volaille (kg N/ha SAU)</b>	7.6	8.6	3.2	5.3	7.5
<b>% N<sub>org</sub> au pâturage</b>	37.0	33.3	34.6	22.3	34.2
<b>% N<sub>org</sub> sur parcours</b>	0.4	0.7	0.1	0.1	0.5
<b>% N<sub>org</sub> au bâtiment</b>	62.6	66.0	65.3	77.5	65.3
<b>% N<sub>org</sub> en fumier</b>	38.3	33.4	31.3	25.2	34.6
<b>% N<sub>org</sub> en lisier</b>	24.4	32.6	34.0	52.4	30.7
<b>Redépôt d'ammoniac (NH<sub>3</sub>)</b>	11.7	16.6	19.9	22.9	15.4
<b>% N<sub>org</sub> produit par granivores</b>	28.3	41.3	39.1	61.0	37.1
<b>% Expl. Bovines en excédent structurel<sup>1</sup></b>	19.7	20.7	38.6	12.5	21.7
<b>% Expl. Porcine en excédent structurel</b>	7.7	14.4	20.5	23.6	13.0
<b>% Expl. Volaille en excédent structurel</b>	6.0	8.1	3.0	3.0	6.4
<b>% Expl. produisant &gt; 20 000 kg N</b>	6.2	7.9	11.3	10.6	7.8
<b>% Expl. N<sub>t</sub> &gt; 210 kg N/ha</b>	21.1	16.9	32.2	8.7	19.6
<b>% Expl. N<sub>org</sub> ]160-170] kg N /ha</b>	5.4	7.2	15.8	6.0	7.3
<b>% de SAU avec Pression N<sub>t</sub> &gt; 210 kg N</b>	28.1	22.4	39.0	12.9	25.8
<b>% VL<sup>6</sup> produisant moins de 6000 litres lait</b>	11.7	10.0	7.3	5.6	11.7
<b>% VL produisant 6000-8000 litres lait</b>	38.4	39.0	43.5	28.8	38.4
<b>% VL produisant plus 8000 litres lait</b>	49.8	51.0	49.3	65.6	49.8
<b>% du N<sub>org</sub> laitier issu de VL &gt; 8000 litres lait</b>	51.0	52.0	50.0	66.6	52.3
<b>JPP (jours de présence pâturage/an)</b>	581.4	629.4	644.9	731.1	618.3
<b>Charge bovine (kg N<sub>bov</sub>/ ha SFP)<sup>2</sup></b>	145.8	150.4	171.2	191.2	153.3
<b>Fumier stocké au champ (kg fumier/ha)</b>	1936	1492	1849	1030	1677
<b>% SAU<sup>3</sup> en ZAR<sup>4</sup></b>	38.9	76.3	88.7	99.9	64.3
<b>% SAU sans prairies dans rotation 5 ans</b>	52.5	55.7	51.6	70.4	54.9
<b>% SAU Rotation Maïs/Céréales pendant 3 ans</b>	4.0	4.5	6.2	3.5	4.4
<b>% SAU Rotation Maïs/Céréales pendant 5 ans</b>	27.6	29.2	25.8	25.5	28.0
<b>% SAU en prairie</b>	35.9	33.1	35.9	22.1	33.8
<b>% SAU en SFP</b>	57.7	53.9	61.2	38.2	55.2
<b>% SAU en maïs</b>	26.8	28.6	33.8	27.3	28.4
<b>SAMO<sup>5</sup> sur SAU (%)</b>	47.3	51.1	55.9	56.5	50.4
<b>SAMO sur maïs (%)</b>	89.4	89.8	87.7	90.4	89.5
<b>SAMO sur prairies (%)</b>	35.6	39.0	47.7	39.5	38.6
<b>SAMO sur céréales à paille (%)</b>	16.0	22.7	22.0	32.6	20.6
<b>% Expl. utilisant OAD<sup>7</sup> Fertilisation</b>	16.6	18.8	21.0	22.1	18.3
<b>% Sol sans couverture hivernale</b>	0.4	0.7	0.4	0.5	0.5
<b>% Exploitation sans DE<sup>8</sup></b>	41.6*	51.1	63.3	46.1	48.3
<b>Surplus en azote total (2011)</b>	27.7	36.0	43.6	32.1	33.7
<b>Teneur en N des sols (g N/kg)</b>	1.9	2.1	2.4	1.8	2.1
<b>Surface moyenne des exploitation (ha)</b>	75.3	67.5	62.6	54.8	70.2

(1) Selon enquête Draaf 2018 > 170 kg N<sub>org</sub>/ha épandable (2) surface Fourragère Principale (3) Surface Agricole Utile (4) Zone d'Actions Renforcées (5) Surface Amendée en Matières Organiques (6) Vaches Laitières (7) Outil d'Aide à la Décision (8) Diagnostic Environnemental moins de 5 ans